Gabriela Şerbănescu-Jitariu Constantin Toma

MORFOLOGIA ŞI ANATOMIA PLANTELOR

MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI ÎNVĂȚĂMÎNTULUI

Conf. dr. docent GABRIELA ȘERBĂNESCU-JITARIU
Prof. dr. CONSTANTIN TOMA

MORFOLOGIA ȘI ANATOMIA PLANTELOR

ianuarie 1981 = București

EDITURA DIDACTICĂ ȘI PEDAGOGICĂ
BUCUREȘTI

Participarea autorilor la elaborarea textului
este în proporții egale.

Referent științific : Prof. dr. doc. **MARIN PĂUN**

Redactor : AURELIA ANDREI

Tehnoredactor : PARASCHIVA GAȘPAR

Grafician : VICTOR WEGEMAN

PREFAȚĂ

Cunoștințele despre regnul vegetal sînt predate în învățămîntul de toate gradele din țara noastră, ele ajutînd elevilor și studenților să-și dea mai bine seama de natura ce ne înconjoară, de relația ce există între cele două regnuri, vegetal și animal, să înțeleagă cu ușurință fenomenele biologice din natură, devenind factori activi în păstrarea nealterată a mediului înconjurător.

De asemenea le sînt necesare cunoștințe mai aprofundate de Botanică, care să satisfacă gradul de pregătire cerut de viitoarea activitate profesională unor categorii de elevi și studenți, care îndrăgind natura își aleg în viață o profesie legată de științele botanice.

Manualul de față, elaborat pe baza unei ample bibliografii și cuprinzînd cele mai noi date din domeniul problematicii tratate este destinat cu precădere studenților facultăților cu profil de biologie. El este însă tot atît de util cadrelor de specialitate din învățămînt și cercetare, precum și altor categorii de interesați în cunoașterea acestui domeniu.

Totodată, ținînd seama de faptul că în literatura științifică publicată în țara noastră cu referire la această ramură a Botanicii sînt relativ puține lucrări, ne exprimăm speranța că prin elaborarea și publicarea acestei cărți contribuim la completarea, în acest fel, a cunoștințelor la zi — atît pentru morfologia, cît și pentru anatomia plantelor.

Prin structurarea problematicii, precum și prin modul de tratare a acesteia, am urmărit să realizăm

o lucrare unitară, păstrînd în același timp liniile directoare clasice — cele mai des întîlnite astăzi în lucrările de specialitate de acest gen. Măsura în care am reușit realizarea acestor deziderate ne-o vor da, desigur, cititorii, beneficiarii acestei cărți.

Observațiile, sugestiile și orice apreciere menită să contribuie la îmbunătățirea lucrării de față, vor fi primite cu recunoștință.

AUTORII

CUPRINS

Capitolul 1 9

Introducere 9
1.1. Obiectul morfologiei și anatomiei plantelor 9
1.2. Metodele de cercetare 10
1.3. Scurt istoric al dezvoltării cunoștințelor de morfologie și anatomie vegetală 10

Capitolul 2 12

Noțiuni sumare de citologie 12
2.1. Componentele protoplasmatice 13
2.2. Componentele neprotoplasmatice 22
2.3. Peretele celular 23
2.4. Modificările secundare ale peretelui celular 26
2.5. Diviziunea celulei 28

Capitolul 3 32

Histologia 32
3.1. Diferențierea evolutivă a țesuturilor 33
3.2. Țesuturi (generalități) 36
3.3. Clasificarea țesuturilor 38
3.4. Țesuturi meristematice 41
3.4.1. Țesuturi meristematice primordiale 41
3.4.1.1. Promeristeme fără celule inițiale 41
3.4.1.2. Promeristeme cu o singură celulă inițială 41
3.4.1.3. Promeristeme cu mai multe celule inițiale 42
3.4.2. Țesuturi meristematice primare 43
3.4.2.1. Meristeme apicale 43
3.4.2.2. Meristeme intercalare 44
3.4.2.3. Meristeme laterale 44
3.4.3. Țesuturi meristematice secundare 45
3.4.4. Țesuturi meristemoide 47
3.5. Țesuturi defintive 48
3.5.1. Țesuturi trofice sau fundamentale (parenchimuri) 48
3.5.1.1. Parenchimuri asimilatoare 48

3.5.1.2. Parenchimuri de depozitare 55
3.5.1.3. Parenchimuri de absorbție 60
3.5.2. Țesuturi apărătoare 65
3.5.2.1. Țesuturi apărătoare primare 65
3.5.2.2. Țesuturi apărătoare secundare 83
3.5.3. Țesuturi mecanice (de susținere) 85
3.5.3.1. Colenchimul 87
3.5.3.2. Sclerenchimul 91
3.5.4. Țesuturi conducătoare 95
3.5.4.1. Țesutul conducător lemnos (lemnul, hadromul sau xilemul) 96
3.5.4.2. Țesutul conducător liberian (liberul, leptomul sau floemul) 104
3.5.5. Țesutul de transfuzie 113
3.5.6. Țesuturi excretoare (în sens larg) 113
3,5.6.1. Țesuturi secretoare (excretoare în sens restrîns) 115
3.5.6.2. Țesuturi glandulare 123
3.5.7. Țesuturi speciale 137
3.5.7.1. Țesuturi senzitive 137
3.5.7.2. Țesuturi de separație 147

Capitolul 4 149

Organografia 149
4.1. Polaritatea 149
4.2. Simetria 152
4.3. Regenerarea 155
4.4. Orientarea în spațiu 155
4.5. Talul 156
4.5.1. Ramificarea talului 157
4.5.2. Structura talului 159
4.6. Rădăcina 165
4.6.1. Morfologia rădăcinii 166
4.6.1.1. Ramificarea rădăcinii 174
4.6.1.2. Originea radicelelor și a rădăcinilor adventive 174
4.6.1.3. Tipuri morfologice de rădăcini 177
4.6.2. Anatomia rădăcinii 181
4.6.2.1. Structura primară a rădăcinii 181
4.6.2.2. Structura secundară normală a rădăcinii 190
4.6.2.3. Anomalii de structură ale rădăcinii 192
4.6.2.4. Importanța practică a rădăcinilor 197
4.7. Tulpina 197
4.7.1. Morfologia tulpinii 199
4.7.1.1. Mugurii 199
4.7.1.2. Ramificarea tulpinii 202
4.7.2. Anatomia tulpinii 206
4.7.2.1. Tipuri de apex 210
4.7.2.2. Structura primară a tulpinii 212
4.7.2.3. Variații de structură ale tulpinii la Monocotyledonatae ... 218
4.7.2.4. Trecerea de la structura tulpinii la cea a rădăcinii (sau invers) 223

4.7.2.5. Structura și evoluția stelului 227
4.7.2.6. Structura secundară a tulpinii 230
4.7.2.7. Anomalii de structură ale tulpinii 240
4.8. Frunza 247
4.8.1. Morfogeneza frunzei 248
4.8.2. Tipuri de frunze sub raport ontogenetic și funcțional 252
4.8.3. Originea filogenetică a frunzei 256
4.8.4. Morfologia frunzei 259
4.8.4.1. Filotaxia — divergența foliară 269
4.8.4.2. Prefoliație și foliație 272
4.8.5. Anatomia frunzei 276
4.8.5.1. Structura frunzulițelor la *Bryophyta* 277
4.8.5.2. Structura frunzei la *Pteridophyta* 279
4.8.5.3. Structura frunzei la *Gymnospermae* 280
4.8.5.4. Structura frunzei la *Angiospermae* 283
4.8.5.5. Căderea frunzelor 295

Capitolul 5 297

Metamorfozele cormului 297
5.1. Convergența de forme 297
5.2. Organe omoloage și analoage 298
5.3. Organe rudimentare 300
5.4. Metamorfozele cormului la cormofitele autotrofe 301
5.4.1. Metamorfozele rădăcinilor subterane 302
5.4.2. Metamorfozele rădăcinilor aeriene 308
5.4.3. Metamorfozele tulpinii 315
5.4.3.1. Tulpini aeriene 315
5.4.3.2. Tulpini subterane 319
5.4.4. Metamorfozele frunzei 325
5.4.5. Metamorfoze determinate de factorul nutriție (plantele carnivore) 329
5.5. Metamorfozele cormului la cormofitele heterotrofe 337
5.5.1. Plante parazite 337
5.5.2. Plante saprofite 340

Capitolul 6 341

Înmulțirea plantelor 341
6.1. Înmulțirea vegetativă (asexuată) 342
6.1.1. Înmulțirea vegetativă la plantele inferioare 342
6.1.2. Înmulțirea vegetativă la plantele superioare (Cormophyta) 343
6.1.3. Înmulțirea asexuată prin spori 349
6.2. Reproducerea sexuată 353
6.2.1. Tipuri de gameți și de fecundație 353
6.2.2. Alternanța de faze (generații) 355
6.2.3. Reproducerea la *Thallophyta* 357
6.2.4. Reproducerea la *Pteridophyta* 365
6.2.5. Reproducerea la *Gymnospermae* 368

6.2.6. Reproducerea la *Angiospermae* 274
6.2.6.1. Concepţii asupra originii florii 375
6.2.6.2. Alcătuirea florii 376
6.2.6.3. Inflorescenţe 376
6.2.6.4. Morfologia şi anatomia florii 385
6.2.6.5. Polenizarea 408
6.2.6.6. Fecundarea 411
6.2.6.7. Dezvoltarea embrionului 414
6.2.6.8. Sămînţa 416
6.2.6.9. Fructul 421

Bibliografie selectivă 435

Index de termeni 438

Index de denumiri ştiinţifice şi populare 452

Capitolul 1

INTRODUCERE

1.1. OBIECTUL MORFOLOGIEI ŞI ANATOMIEI PLANTELOR

Morfologia şi anatomia plantelor este o disciplină fundamentală de mare importanţă teoretică şi practică. Ea introduce pe studenţi în cunoaşterea celorlalte discipline botanice (taxonomie, fiziologie, genetică, fitocenologie etc.), ajutîndu-i să înţeleagă diversitatea structurală a regnului vegetal, modul de evoluţie a ţesuturilor, influenţa condiţiilor de mediu asupra diverselor organe, interdependenţa dintre mediu, funcţie şi structură.

Morfologia şi anatomia plantelor este, în acelaşi timp, o disciplină descriptivă şi experimentală, servind la facilitarea recunoaşterii diferitelor grupe de plante, la cunoaşterea modificărilor de structură ale organelor vegetale sub influenţa îngrăşămintelor minerale şi organice, a erbicidelor, radiaţiilor etc. De asemenea, ea serveşte la rezolvarea unor probleme legate de obţinerea unor soiuri valoroase din punct de vedere productiv şi la identificarea poliploizilor, la cercetarea şi punerea în valoare a plantelor textile, oleaginoase, industriale, medicinale, melifere, furajere, toxice, aromatice, condimentare, tanante, tinctoriale, cauciucofere şi rezinifere, dar mai ales a celor alimentare.

O deosebită importanţă în acest domeniu o are studierea structurilor interne ale diferitelor organe, în dezvoltarea lor ontogenetică şi filogenetică, variaţiile structurilor în legătură cu funcţiile pe care le îndeplinesc şi cu mediul extern, legile care le guvernează, în scopul de a putea dirija în direcţia dorită diferitele procese legate de formarea structurilor vegetale.

Capitolele consacrate acestei părţi a botanicii sînt : citologia (noţiuni sumare), histologia, organografia şi înmulţirea.

1.2. METODELE DE CERCETARE

Ca în toate domeniile științei despre natură, cercetarea în Morfologia și anatomia plantelor presupune o cale complexă, de mai multe etape : observația, experimentul, analiza datelor și a fenomenelor, deducția logică, aplicații în practica agrobiologică și sinteza concluziilor teoretice care îmbogățesc patrimoniul biologiei generale.

Scopul cercetărilor îl constituie cunoașterea morfologiei și structurii interne a plantelor, stabilirea legilor de creștere și dezvoltare, fiziologia, clasificarea, răspîndirea, asociațiile și utilizarea acestora.

Metodele generale de lucru în Morfologia și anatomia plantelor sînt observația și experimentul. Prima metodă se realizează cu ajutorul instrumentelor optice de mărire (lupă, microscop), iar cea de a doua întregește observația ; prin experiențe se poate reproduce, în condiții diferite, fenomenul observat.

1.3. SCURT ISTORIC AL DEZVOLTĂRII CUNOȘTINȚELOR DE MORFOLOGIE ȘI ANATOMIE VEGETALĂ

Pentru prima dată noțiunea de „morfologie“ a fost folosită, atît pentru regnul animal, cît și pentru cel vegetal, de către G o e t h e, în anul 1796. D a r w i n, în lucrarea sa „Originea speciilor“, arată că morfologia este una din cele mai interesante părți ale istoriei naturale și poate fi considerată ca adevăratul ei schelet.

Odată cu începutul secolului al XIX-lea, studiile de anatomie iau o dezvoltare tot mai mare, aceasta fiind determinată în primul rînd de perfecționarea microscopului și a tehnicii de obținere a preparatelor microscopice. În această etapă numărul descoperirilor a crescut enorm. Cît privește perioadele și direcțiile de cercetare în domeniul morfologiei și anatomiei plantelor, de-a lungul timpului, acestea se conturează astfel :

1. *Perioada anatomiei descriptive* : anatomiștii privesc structura plantelor dintr-un punct de vedere exclusiv static ; descriu structura celulelor și țesuturilor fără a se preocupa de rolul funcțional al acestora.

2. *Perioada anatomiei fiziologice :* anatomiștii descriu, dar și interpretează diferitele structuri, determinîndu-le funcțiile.

3. *Perioada anatomiei protoplasmatice* : anatomiștii cercetează în primul rînd substanța vie din celulă.

4. *Perioada anatomiei ecologice și experimentale* : anatomiștii studiază în mod experimental plasticitatea țesuturilor și organelor, legătura dintre structură și factorii mediului ; prin aceasta anatomia devine tot mai strîns legată de practică, studiind dinamica dezvoltării structurilor vegetale, localizarea diferitelor substanțe utile în corpul plantelor, influența diferitelor substanțe (erbicide, îngrășăminte etc.) asupra structurii plantelor de interes economic (alimentare, furajere, textile etc.).

Cele patru perioade enumerate, se încadrează în etapa anatomiei evoluţioniste şi experimentale, inaugurată în urma victoriei tecriei evoluţioniste (D a r w i n, 1859). Structura plantelor începe să fie interpretată de pe poziţii materialiste, ea reflectînd procesul adaptativ la mediu şi filogenia acestora.

La noi în ţară, studiile de morfologie şi anatomie vegetală iau o amploare deosebită mai cu seamă după 1960, cercetătorii abordînd diferite aspecte de histo-anatomie comparată, ontogenetică, ecologică şi experimentală.

Capitolul 2

NOȚIUNI SUMARE DE CITOLOGIE

Citologia este știința care se ocupă cu studiul celulei. Celula este unitatea morfologică și funcțională a plantelor și animalelor. Studiul celulei se referă la forma, structura, dezvoltarea și compoziția chimică a tuturor părților constitutive ale acesteia.

Analizînd la microscop o celulă se observă că aceasta este limitată la exterior de un *perete rigid* (perete celular, perete scheletic), iar în interior prezintă o masă heterogenă, semifluidă, denumită *protoplasmă*, formată din citoplasmă și nucleu. În celulele mai în vîrstă se disting și una sau mai multe vacuole. În celula adultă se află adesea o singură vacuolă foarte mare, centrală care împinge citoplasma cu nucleul în poziție parietală (fig. 1). În plus, celula adultă conține și diferite incluziuni organice sau minerale. Celulele vegetale, fiind protejate de un perete rigid, se numesc *dermatoplaste* ; puține sînt cazurile cînd celulele vegetale nu au un perete rigid și atunci se numesc *gimnoplaste* (de ex. mixamibele mixomicetelor, zoosporii multor alge verzi, spermatozoizii plantelor superioare ș.a.). Înainte de a trece la explicarea structurii diferitelor componente celulare, ne vom referi mai întîi la forma și dimensiunile celulelor vegetale.

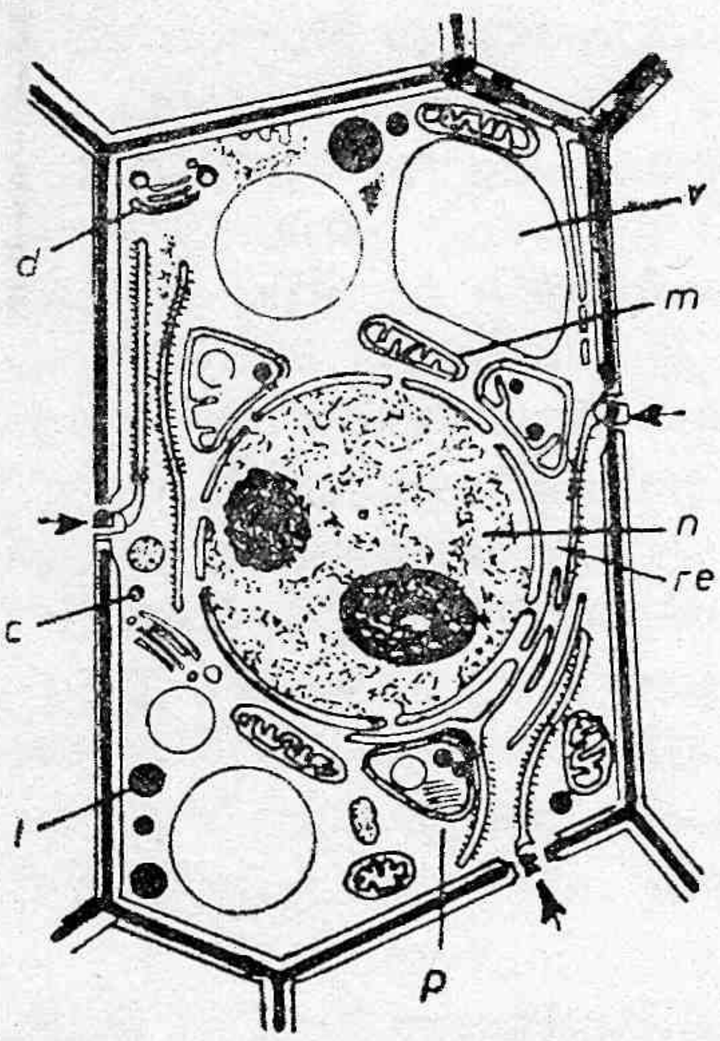


Fig. 1. Imagine schematizată a unei celule tinere :

c — citozomi; *d* — dictiozomi; *l* — lipide; *m* — mitocondrii; *n* — nucleu; *p* — proplastide; *re* — reticul endoplasmatic; *v* — vacuolă (după Strasburger).

Forma celulelor. Celulele libere pot fi : sferice, ovale sau eliptice. Celulele din alcătuirea diferitelor țesuturi sînt fie poliedrice (în parenchimuri), tabelare (în suber), cilindrice, fusiforme sau prismatice (în țesuturile conducătoare și mecanice), fie stelate (în măduva tulpinii de *Juncus* — pipirig), reniforme, halteriforme etc. Aceste diferite forme de celule se pot grupa în trei categorii : *parenchimatice* (de contur mai mult

sau mai puţin oval, fiind izodiametrice sau ceva mai lungi decît late : de ex. în epidermă, scoarţă, mezofil, măduvă etc.), *prozenchimatice* (mult mai lungi decît late, alungite în sensul alungirii organului în care se află : de ex. vasele conducătoare, fibrele mecanice etc.) şi *idioblaste* (celule izolate, de formă cu totul particulară, înglobate într-un ţesut cu celule uniforme : de ex. celulele în formă de „T" din mezofilul frunzei de *Thea sinensis* — ceai, celulele secretoare din mezofilul frunzei de *Laurus nobilis* — dafin, celulele taninifere din tulpina şi frunzele de *Onobrychis viciifolia* — sparcetă etc.).

Dimensiunile celulelor. Variază între limite foarte mari, dar în general sînt de ordinul zecilor de microni : 10—100 μ, celulele parenchimatice (excepţie fac unele celule epidermice, perii radiculari, celulele fructului de portocal : 1—2 cm) ; foarte lungi, celulele prozenchimatice (de ex. fibrele liberiene de la unele plante textile depăşesc 500 mm, iar tuburile laticifere de la unele euforbiacee ating dimensiuni de cîţiva metri. Celulele sînt mult mai mici la drojdii (4—5 μ) şi multe bacterii (0,2—0,5 μ).

2.1. COMPONENTELE PROTOPLASMATICE

Citoplasma. *Structură şi regiuni.* La microscopul fotonic citoplasma apare ca o substanţă lichidă, mai mult sau mai puţin vîscoasă, translucidă, incoloră, omogenă, puţin mai refringentă ca apa şi în care sînt înglobate o serie de organite sau incluziuni, diferite după forma, structura, funcţia şi compoziţia lor chimică. La microscopul electronic citoplasma apare heterogenă şi superior structurată, cuprinzînd 3 zone : hialoplasma, plasmalema şi tonoplastul. *Hialoplasma* este substanţa fundamentală care conţine diverse organite şi incluziuni ; din punct de vedere structural cuprinde fibrile de proteină (citoneme) şi un lichid constituit din apă, protide globulare, glucide, lipide, acizi aminici, nucleotide, săruri minerale etc. *Plasmalema* sau membrana ectoplasmatică reprezintă o peliculă subţire de citoplasmă, mai consistentă ca hialoplasma şi care o limitează pe aceasta spre exterior, la contactul cu peretele celular. Din punct de vedere structural plasmalema este o membrană elementară, simplă, de 75 Å grosime, formată din două pături (de cîte 20 Å) de proteine, între care se află o pătură de 35 Å, reprezentată prin două straturi de molecule lipidice, opuse prin polul lor hidrofob. Plasmalema este întreruptă de *plasmodesme*, la nivelul cărora membranele ectoplasmatice ale celulelor dintr-un ţesut sînt în continuitate perfectă, ca şi hialoplasmele pe care le învelesc. *Tonoplastul* sau membrana endoplasmatică este tot o peliculă citoplasmatică, ce delimitează vacuola sau vacuolele şi are structura unei membrane elementare ca şi plasmalema.

Mişcarea citoplasmei se numeşte *cicloză* şi este de două feluri : de *rotaţie* şi de *circulaţie* (fig. 2, 3). Cicloza este influenţată de lumină, temperatură, absorbţia de O şi diferiţi agenţi chimici. La valori ridicate aceşti factori accelerează cicloza. Totodată, cicloza este legată şi de starea fiziologică a celulei : viteza de mişcare scade odată cu creşterea viscozităţii citoplasmei, deci cu îmbătrînirea celulei.

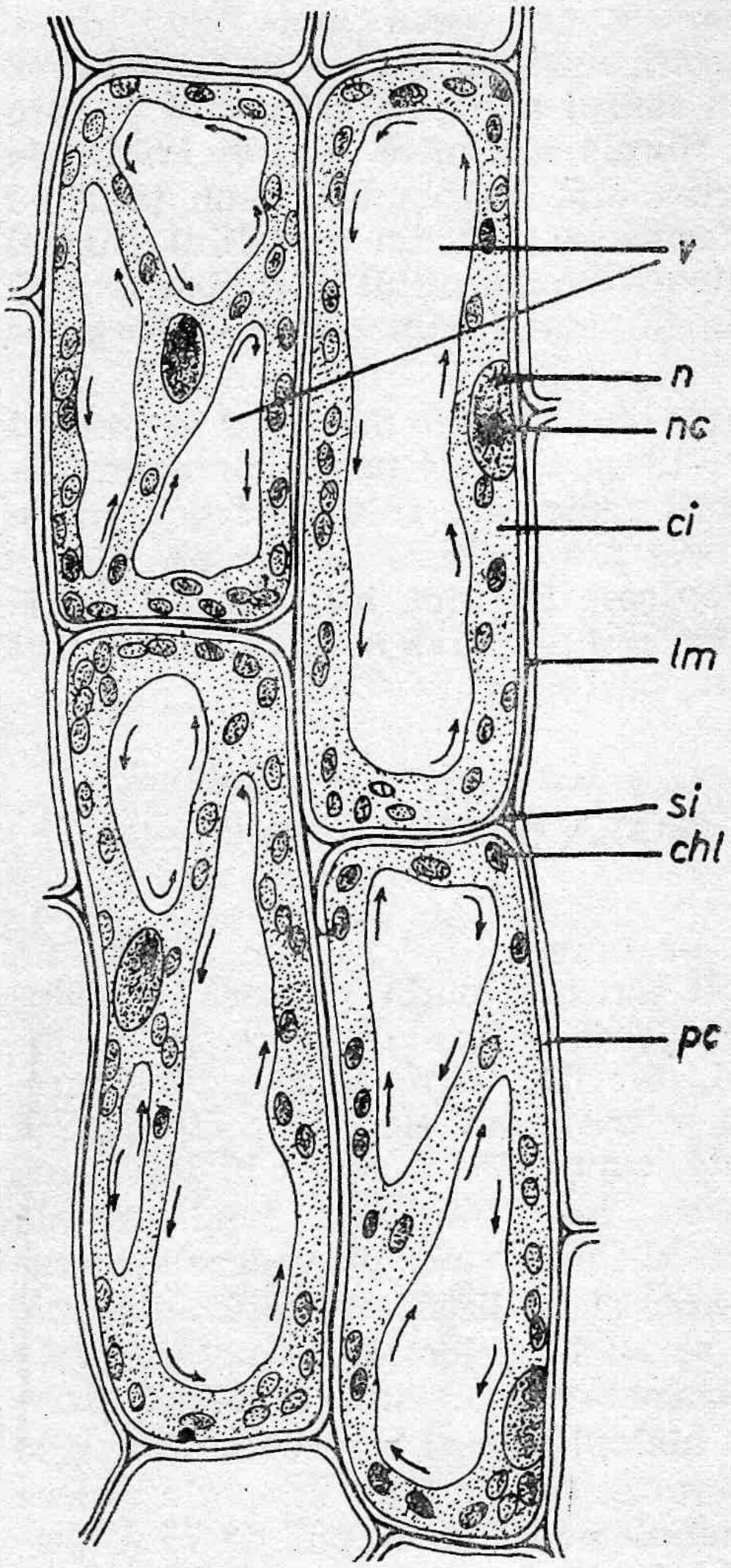


Fig. 2. Mișcarea de rotație a plasmei la *Elodea canadensis* :

chl — cloroplast; *ci* — citoplasmă; *lm* — lamelă mijlocie; *n* — nucleu; *nc* — nucleol; *pc* — perete celular; *si* — spațiu intercelular; *v* — vacuole (după K e r n e r).

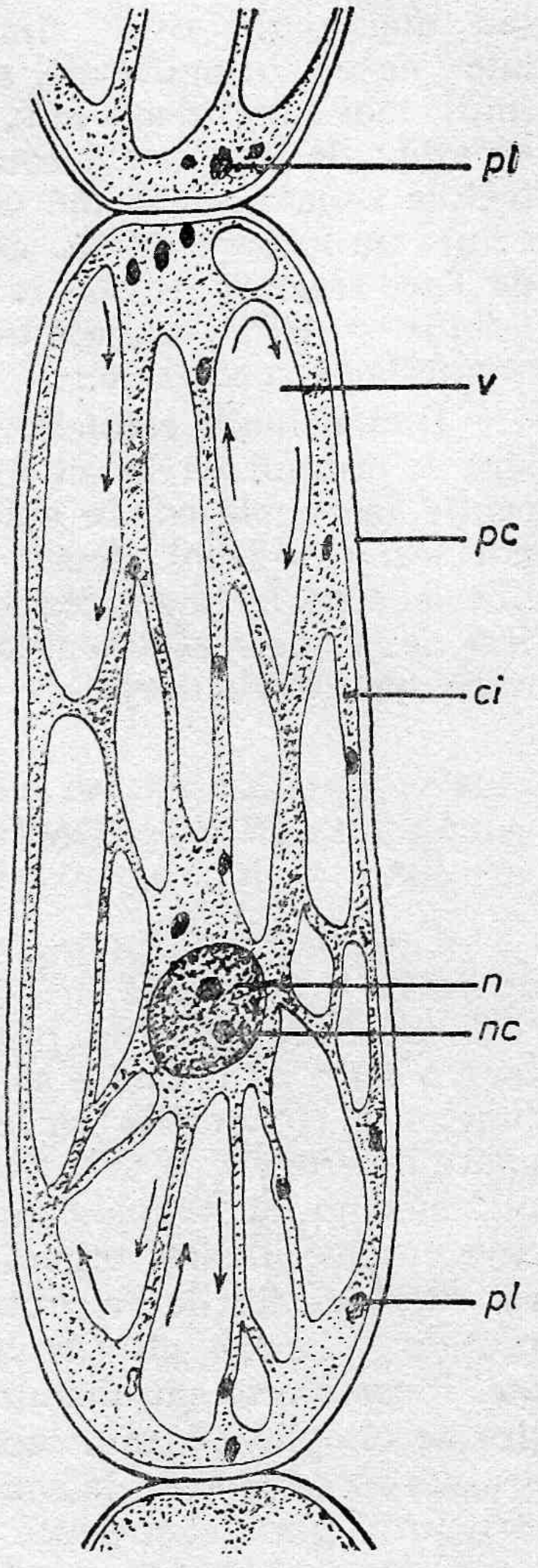


Fig. 3. Mișcarea de circulație a plasmei la *Tradescantia virginica* :

ci — citoplasmă; *n* — nucleu; *nc* — nucleol; *pc* — perete celular; *pl* — plastide; *v* — vacuolă (după S t r a s b u r g e r).

Compoziția chimică. Din punct de vedere chimic citoplasma este un amestec în stare *coloidală*, care se poate găsi sub două forme : ca sol și ca gel. *Analiza chimică elementară* relevă prezența constantă a următoarelor elemente : C, H, O, N, P, S, Cl, Si, K, Na, Mg, Fe. C, H, O, N (numite și macroelemente) constituie partea esențială (aproximativ 98%) a substanței vegetale uscate, iar cei 2% rămași sînt reprezentați de celelalte 8 elemente (numite adesea, alături de altele, microelemente), precum și de

elementele care se găsesc în stare de urme, deci în cantităţi infime : Cu, Al, B, Zn, I, Mn, Ti, Ag, Au, Ra, Sr, Ru, Cr, Cs (ultimele 7 fiind numite şi ultramicroelemente). *Analiza chimică imediată* evidenţiază aceleaşi elemente, însă sub formă de compuşi (aproape 85% din greutatea substanţei proaspete) : minerali (1,5%) şi organici (13,5%). *Apa* constituie mediul dispersant al coloizilor, solventul O şi al substanţelor cristaloide, mediul de disociere al electroliţilor, transportorul substanţelor dispersate, solvite sau disociate, regulatorul termic al celulei şi al organismului. Apa provoacă imbibiţia coloizilor celulari şi turgescenţa (prin osmoză), determină creşterea peretelui celular prin întindere, menţinerea stării de rigiditate a celulei (prin turgescenţă), *p*H-ul, presiunea osmotică şi forţa de sucţiune a celulei. *Compuşii minerali* din celule se află mai ales sub formă de săruri, adesea disociate în ionii lor. Dintre principalii compuşi anorganici amintim : sulful coloidal, sulfatul de calciu, carbonatul de calciu, clorurile şi bioxidul de siliciu.

În metabolismul celular, un rol fundamental îl joacă *compuşii organici*. În această categorie menţionăm : glucidele, protidele, lipidele şi unii produşi secundari ai metabolismului.

— Glucidele sînt substanţe ternare, prezente în proporţie de 10—15% în celulă, sub formă de glicoproteide de constituţie a citoplasmei, metaboliţi de asimilaţie (glucoza) sau de rezervă (amidonul), poliglucide de constituţie (celuloză, hemiceluloză, pectină, lignină ş.a.) sau substanţe de secreţie (nectarul). Glucidele se împart în 3 grupe : monoglucide (bioze, trioze, pentoze, hexoze), diglucide (zaharoză, maltoză) şi poliglucide [holozide (triholozide, tetraholozide, poliholozide : amidonul, celuloza, glicogenul, pectinele, mucilagiile, inulina, lignina)] şi heterozide sau glucozide (antociani, flavone, alcaloizi, nucleozide).

— Lipidele sînt tot substanţe ternare, esteri ai alcoolilor mai mult sau mai puţin complecşi şi ai acizilor graşi. Se împart în 2 categorii : simple (gliceride, ceride, steride) şi complexe (fosfolipide, fosfoaminolipide, sulfatide). Dintre lipidele complexe, proprii doar plantelor, amintim : cutina, suberina, sapropolenina.

— Proteidele sînt constituenţii cei mai importanţi şi cei mai complecşi ai materiei vii. Ele sînt substanţe cuaternare ce conţin uneori S sau P. Se disting 3 categorii de protide : acizi aminici, peptide şi proteine. Acestea din urmă sînt substanţe foarte complexe, de 2 categorii : holoproteine (ce conţin numai C, H, O, N) şi heteroproteine (ce conţin şi molecule neproteice, al căror ansamblu constituie grupa prostetică). Holoproteinele pot fi fibrilare şi globulare ; primele reprezintă constituentul esenţial al citoscheletului, iar celelalte pot fi : prolamine (se află în nucleu, în combinaţie cu DNA, fiind bogate în arginină), histone (intră în constituţia nucleoproteinelor, fiind bogate în histidină şi lizină), globuline şi albumine (frecvente în seminţe). Heteroproteinele se împart în : fosfoproteine (vitelina), glucoproteine (în mucilagii), cromoproteine (flavoproteine, catalaze, citocromi, cloroplastine : clorofilă, bacterioclorofilă, ficocianină, ficoeritrină, fucoxantină) şi nucleoproteine (proteinele citoplasmei şi ale nucleului). Nucleoproteinele au o deosebită impontanţă, reprezentînd componentele esenţiale ale materiei vii, fiind constituite dintr-o holoproteină (prolamină sau histonă) şi dintr-o grupare prostetică, care este un acid nucleic (RNA sau DNA).

Structura acizilor nucleici. Hidroliza completă a acizilor nucleici arată că ei sînt formaţi din acid fosforic, glucide şi baze azotate. Molecula de acid nucleic este un polinucleotid, deci un lanţ de nucleotide ; fiecare nucleotid este format din 3 molecule asociate : un acid fosforic, o pentoză şi o bază azotată (legătura glucid-bază azotată constituie un nucleozid). Zahărul poate fi riboza sau dezoxiriboza. Bazele azotate sînt de 2 categorii : purinice (adenină, guanină) şi pirimidinice (citozină, timina, uracilul). În acidul dezoxiribonucleic (DNA) pentoza este dezoxiriboza, iar bazele azotate sînt adenina, guanina, citozina, timina. În acidul ribonucleic (RNA) pentoza este riboza, iar bazele azotate sînt adenina, guanina, citozina, uracilul.

— Dintre produşii organici secundari menţionăm : pigmenţii (carotenul, licopina, capsatina, xantofila, fucoxantina), alcaloizii (cafeina, atropina, chinina, papaverina, nicotina ş.a.), acizii organici (lactic, malic, tartric, citric ş.a.), vitaminele (hidrosolubile : B_1, B_2, B_6, B_{12}, PP, C ; liposolubile : A, D), hormonii vegetali (auxine, kinetine, gibereline), antibioticele, fitoncidele, fermenţii sau enzimele, glucozidele (vanilina, piperina, cumarina ş.a.), uleiurile volatile (anetolul, apiolul, carvacolul, mentolul ş.a.), răşinile, taninurile, latexurile ş.a.

Organitele citoplasmatice. 1. *Reticulul endoplasmatic,* vizibil numai la microscopul electronic, este un sistem complex de saculi, vezicule şi tubuli sau canalicule fin ramificate şi anastomozate, cu diametrul variind între 50 şi 2 000 Å, fiind delimitate de o membrană elementară groasă de 75 Å (fig. 4). Faţa externă a membranelor elementare este tapisată, pe alocuri, cu granule sferice, de 150 Å în diametru, numite *ribozomi* sau granulele lui Palade ; pe alte porţiuni ale reticulului sau la alte celule ribozomii lipsesc. De aici rezultă că reticulul poate fi rugos şi neted, cel dintîi fiind numit încă şi ergastoplasmă. 2. *Dictozomii* dintr-o celulă formează aparatul Golgi ; acesta cuprinde două elemente : dictiozomul (format din 4—6 saculi aplatizaţi, de 200 Å grosime, limitaţi de o membrană elementară de 75 Å grosime) şi o serie de vezicule mici, golgiene, provenite din înmugurirea saculilor, de care apoi se detaşează (fig. 5). 3. *Mitocondriile* sau condriozomii dintr-o celulă formează condriomul. Mitocondriile apar vizibile şi la microscopul fotonic, ca mici granule, bastonaşe sau filamente dispersate în citoplasmă. La microscopul electronic mitocondriile apar limitate la exterior de o membrană elementară dublă, foiţa internă invaginîndu-se şi formînd creste mitocondriale (tapisate cu oxizomi

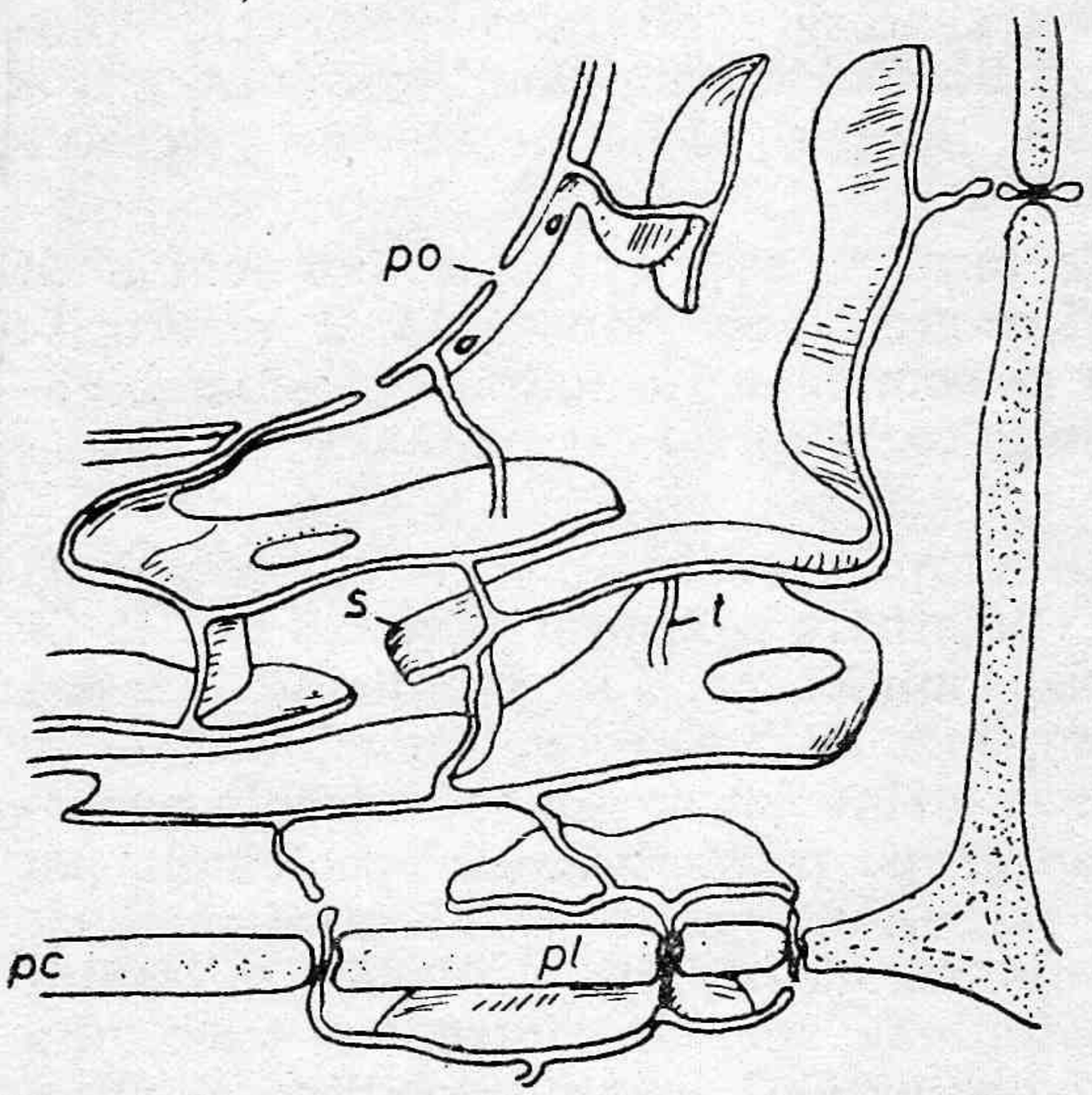


Fig. 4. Structura reticulului endoplasmatic : *pc* — perete celular; *pl* — plasmalemă; *po* — porii membranei nucleare; *s* — sacul; *t* — tubul (după Buvat).

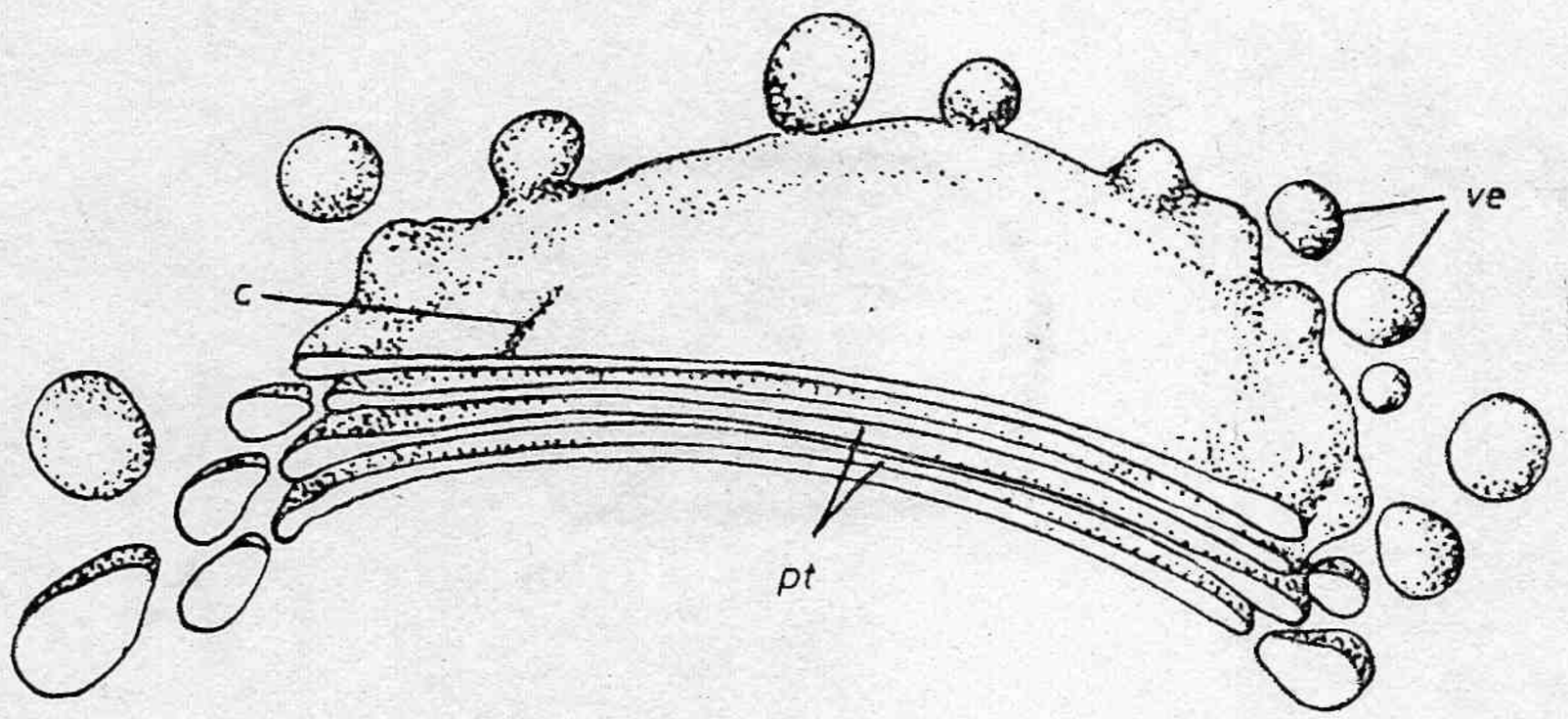
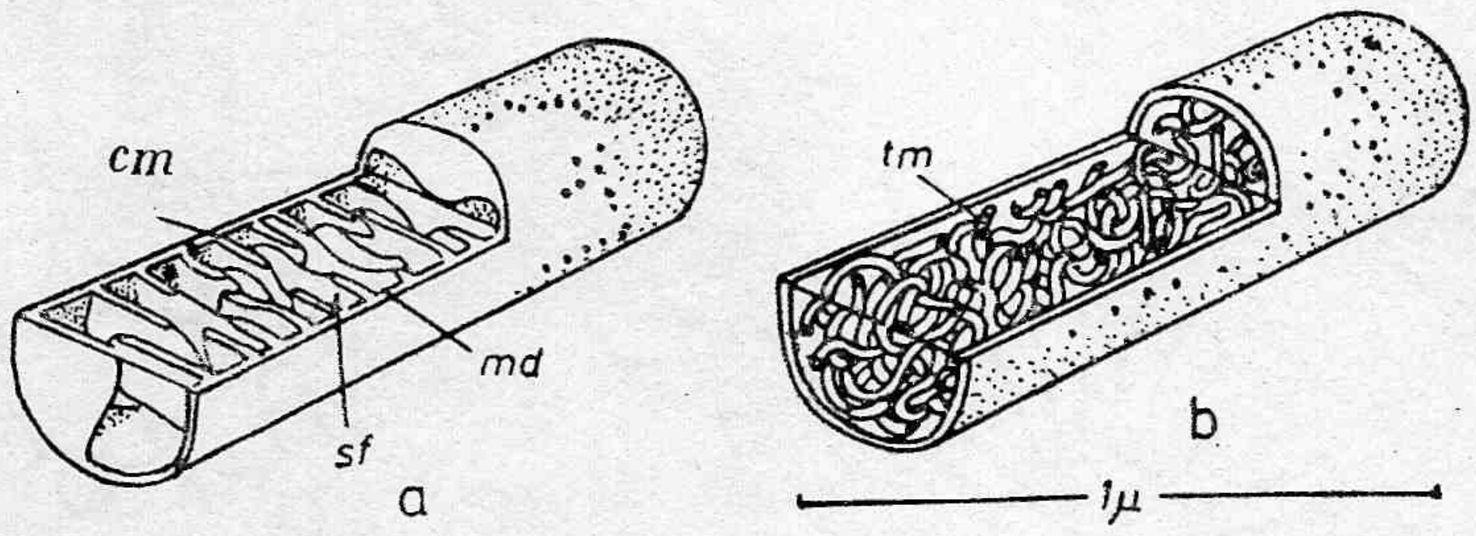


Fig. 5. Schema structurii dictiozomilor :
c — constricția unei pungi; *pt* — pungi turtite; *ve* — vezicule periferice eliberate în citoplasmă (după B u v a t).



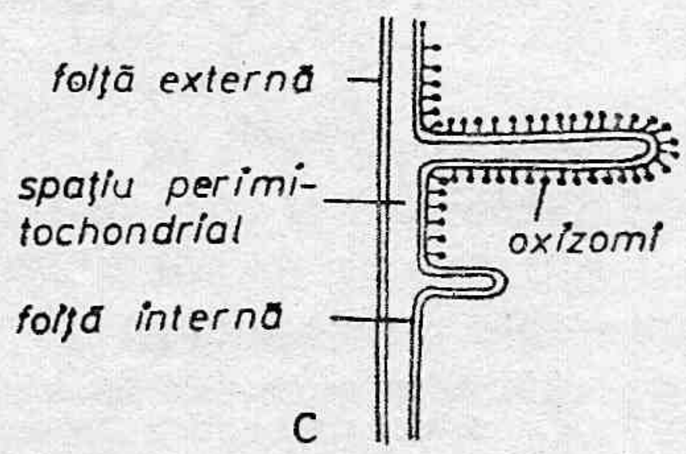


Fig. 6. Tipuri structurale de mitocondrii :
a — mitocondrie de tip crista; *b* — mitocondrie de tip tubulis; *c* — detaliu al membranei duble; *cm* — cristă mitocondrială; *md* — membrană dublă; *sf* — substanță fundamentală; *tm* — tubuli mitocondriali (*a*, *b* : după I. C i o b a n u; *c* : după N o u g a r è d e).

bogați în enzime) ; în interior se află o stromă numită matrix (fig. 6). 4. *Lizozomii, microtubulii* (fig. 7), *sferozomii, centrozomii, cilii* și *flagelii* (fig. 8) sînt organite vizibile numai la microscopul electronic (exceptînd cilii și mai ales flagelii), limitate de o membrană elementară, prezente numai la anumite celule sau grupe de plante. 5. *Plastidele*. Totalitatea plastidelor dintr-o celulă formează plastidomul. Ele au rol elaborator (de pigmenți, amidon) sau de acumulare (lipide, proteine) ; sînt prezente în celulele plantelor fototrofe (exceptînd algele albastre) și vizibile la microscopul fotonic. Luînd în considerație felul pigmentului elaborat, plastidele se clasifică în : leucoplaste (amiloplaste, oleoplaste, proteinoplaste), cloroplaste și carotenoidoplaste. *Cloroplastele* sînt prezente în multe din ce-

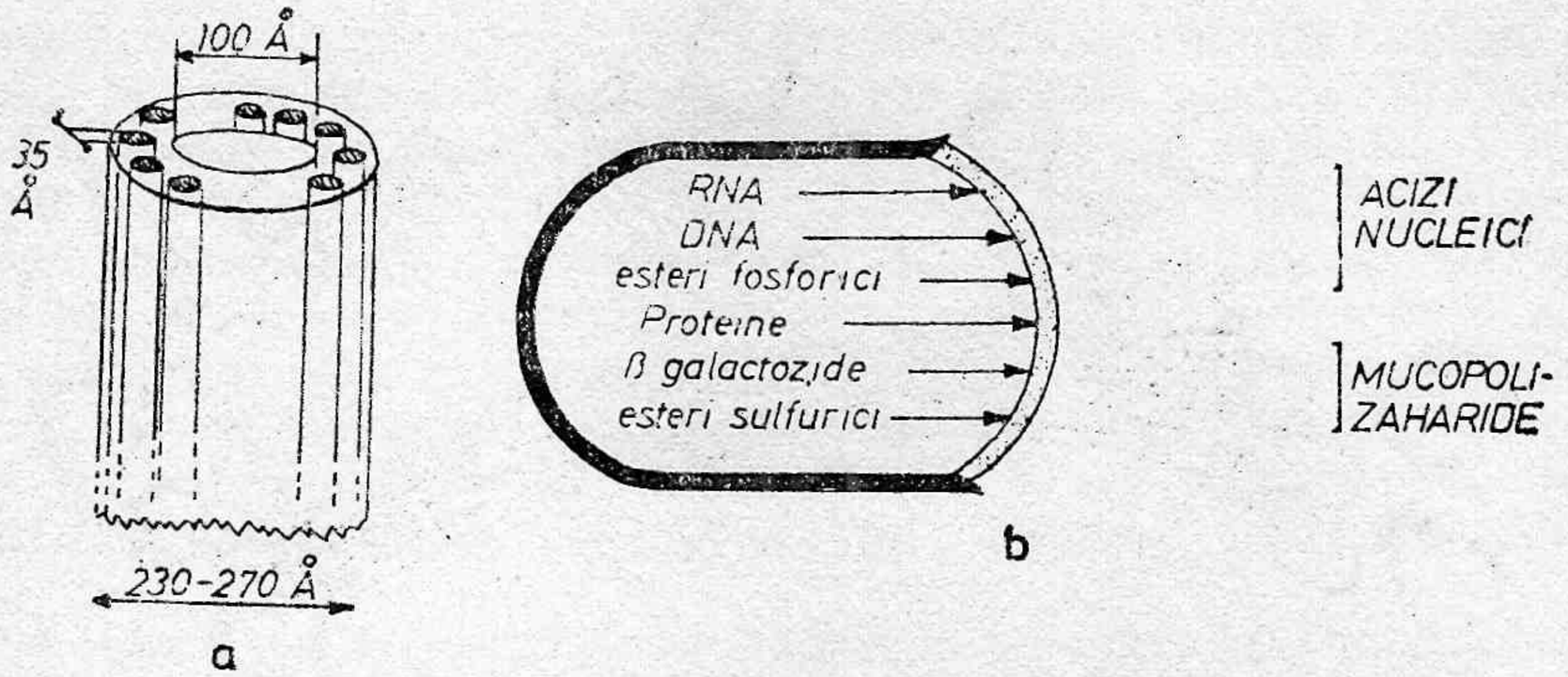


Fig. 7. Diagramă indicînd caracteristicile unui lizozom (*a*) şi organizarea infrastructurală a unui microtubul (*b*) (după G e n e v è s).

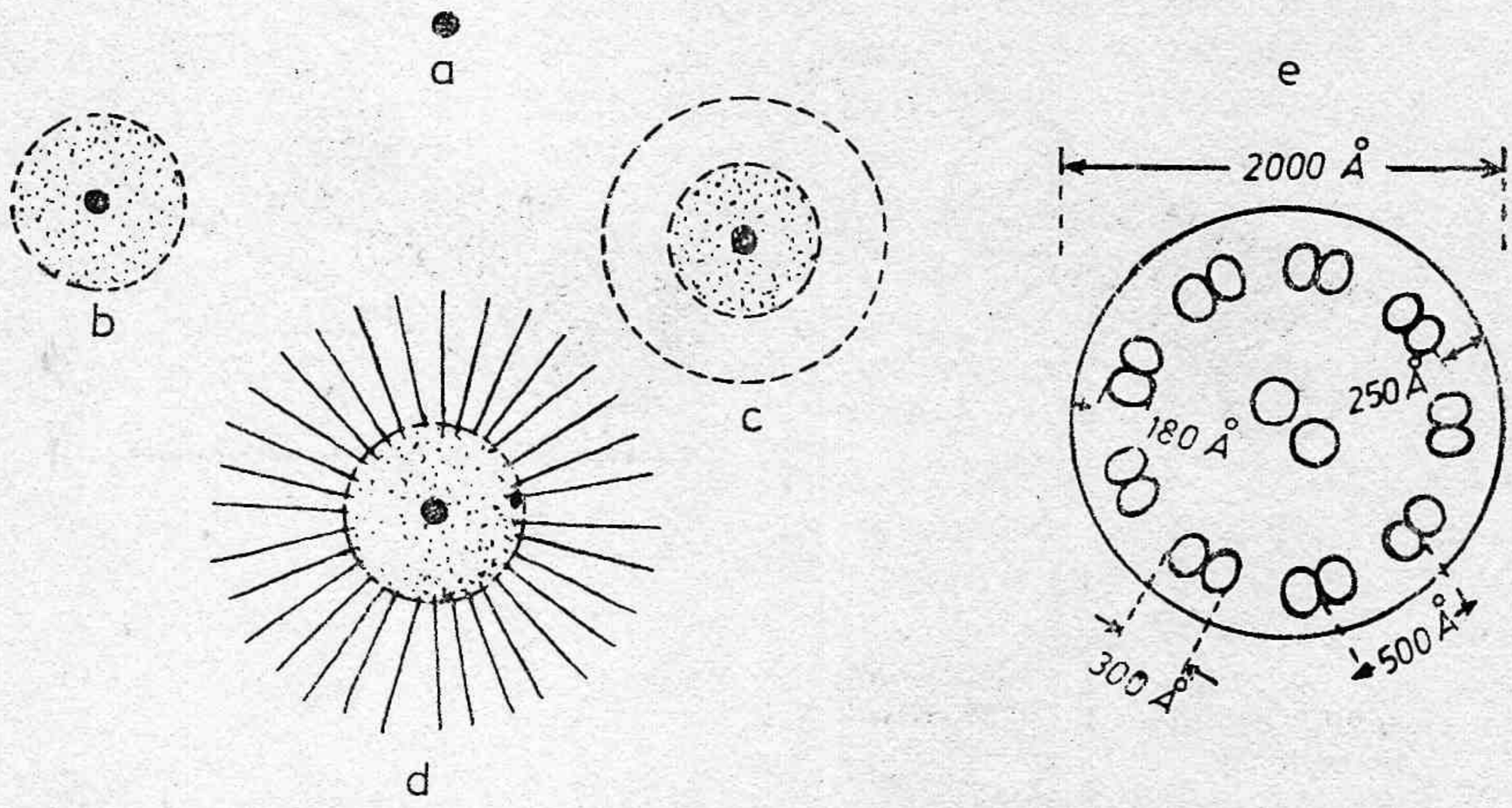


Fig. 8. Structura centrului celular (*a—d*) şi a flagelului (*e*) :
a — centriol simplu; *b* — centriol cu centrozom; *c* — centriol cu centrozom şi centrosferă; *d* — centriol cu centrozom, centrosferă şi astrosferă; *e* — schema structurii flagelului şi a taliei aproximative în Å, în secţiune transversală (după N o u g a r è d e).

lulele organelor verzi (în special în frunze, tulpini ierboase, ramuri tinere, fructe necoapte ş.a.). La algele verzi ele sînt mari, puţine (1—3) într-o celulă, numite cromatofori şi de forme foarte variate : panglică spiralată (*Spirogyra*), clopot (*Chlamydomonas*), ceaşcă (*Chlorella*), stea (*Zygnema, Closterium*), reţea (*Cladophora, Rhizoclonium*), inel (*Ulothrix*), lamele (*Mougeottia*) etc. (fig. 9). Adesea, cromatoforii conţin pirenoizi. Uneori numărul cromatoforilor dintr-o celulă este mare (*Chara*). La algele brune plastidele sînt mici şi lenticulare, clorofila lor fiind asociată şi mascată cu un pigment brun numit fucoxantină. La algele roşii clorofila este însoţită şi mascată de un pigment roşu numit ficoeritrină.

La plantele superioare *cloroplastele* sînt mici (3—10 μ în diametru), de formă sferică sau ovoidă, numeroase (pînă la 50) într-o celulă. Ultrastructura cloroplastelor este complexă : o *membrană* dublă la exterior, o *stromă* incoloră în interior ; foiţa internă a membranei emite creste care

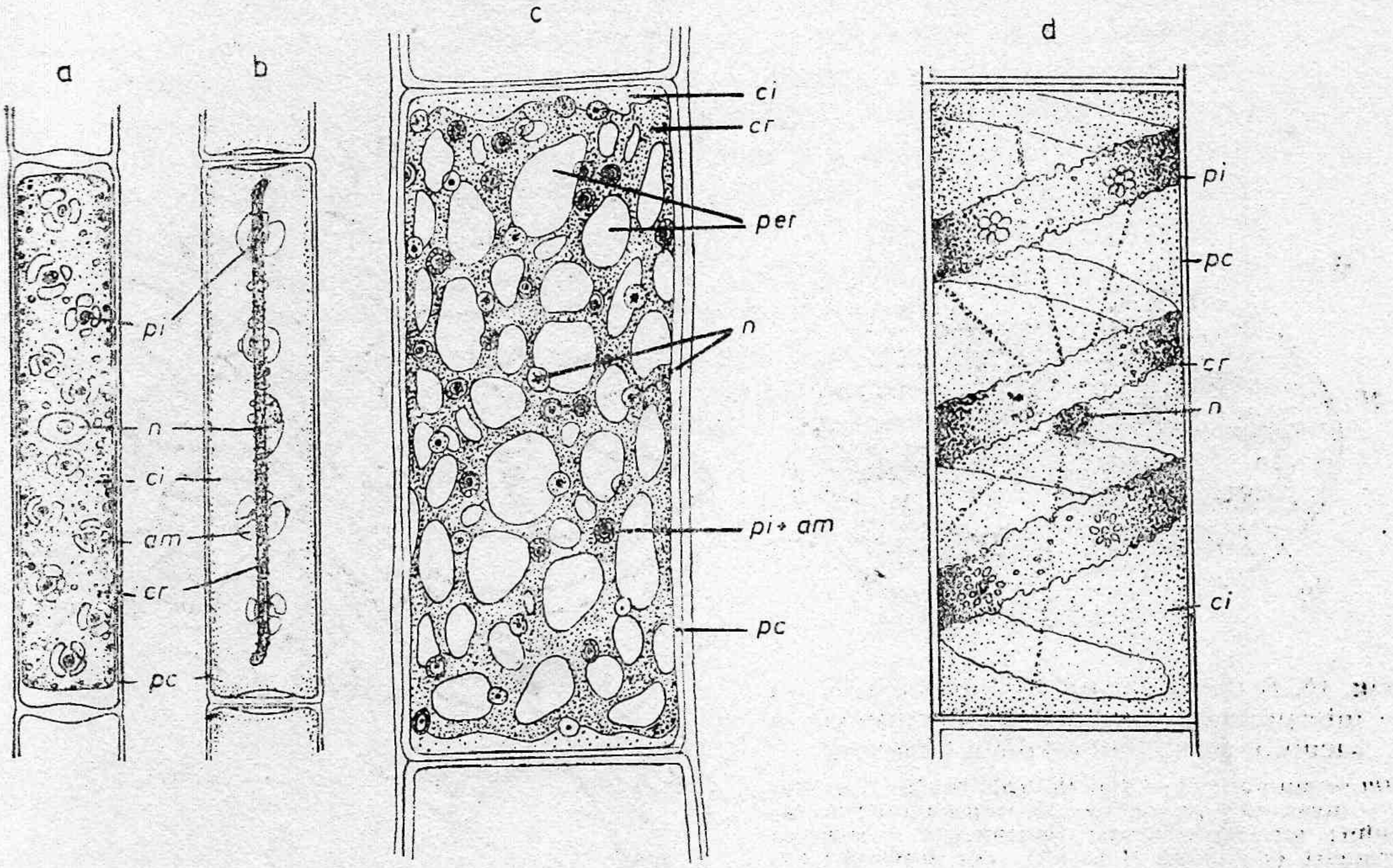


Fig. 9. Tipuri de cromatofori la alge :

a, b — *Mougeotia* sp. (*a* — celulă cu cromatofor, văzută din față; *b* — celulă cu cromatofor, văzută lateral); *c* — *Cladophora* sp.; *d* — *Spirogyra* sp.; *am* — amidon; *ci* — citoplasmă; *cr* — cromatofor; *n* — nucleu; *pc* — perete celular; *per* — perforații; *pi* — pirenoizi (*a, b* : după Guttenberg; *c, d* : după Strasburger).

se prelungesc în interiorul stromei sub formă de lamele stromatice saciforme (numite încă și *tilacoide)*, dispuse paralel cu axul mare al organitului ; în lungul lor se dispun din loc în loc grupe de 2—60 mici saci aplatizați, numiți *saculi granari* (proveniți din dilatarea lamelelor stromatice) ; ansamblul format de sacului granari și porțiunile lamelelor stromatice care-i mărginesc constituie ceea ce se numește *granum* (fig. 10). Sacului granari conțin pigmentul clorofilian, dispus pe subunități elementare numite cuantozomi.

Carotenoidoplastele, numite și cromoplaste (în sens restrîns), au adesea pigmentul cristalizat. După forma și structura lor, aceste organite pot fi globulare (în pericarpul de *Cucurbita*-dovleac, în petalele de *Ranunculaceae, Compositae* ș.a.), *tubulare* (în spadixul unor *Araceae)*, cristaline (în rădăcina tuberizată de *Daucus carota*-morcov) (fig. 11).

Nucleul. Este un organit mai refringent ca citoplasma, avînd rol în procesele ereditare și în controlul sintezei proteinelor citoplasmatice. La unele grupe inferioare de plante *(Schizomycetes* și *Cyanophyceae)* nucleul nu este, de regulă, bine individualizat, fapt pentru care aceste plante se mai numesc *acariote,* protocariote sau procariote, iar celulele se numesc impropriu anucleate. La bacterii, în celulă există material organizat sub formă de corpusculi mici, dispersați în citoplasmă, numiți corpi nucleari sau cromidiali, constituiți din cromatină, neînconjurați de membrană.

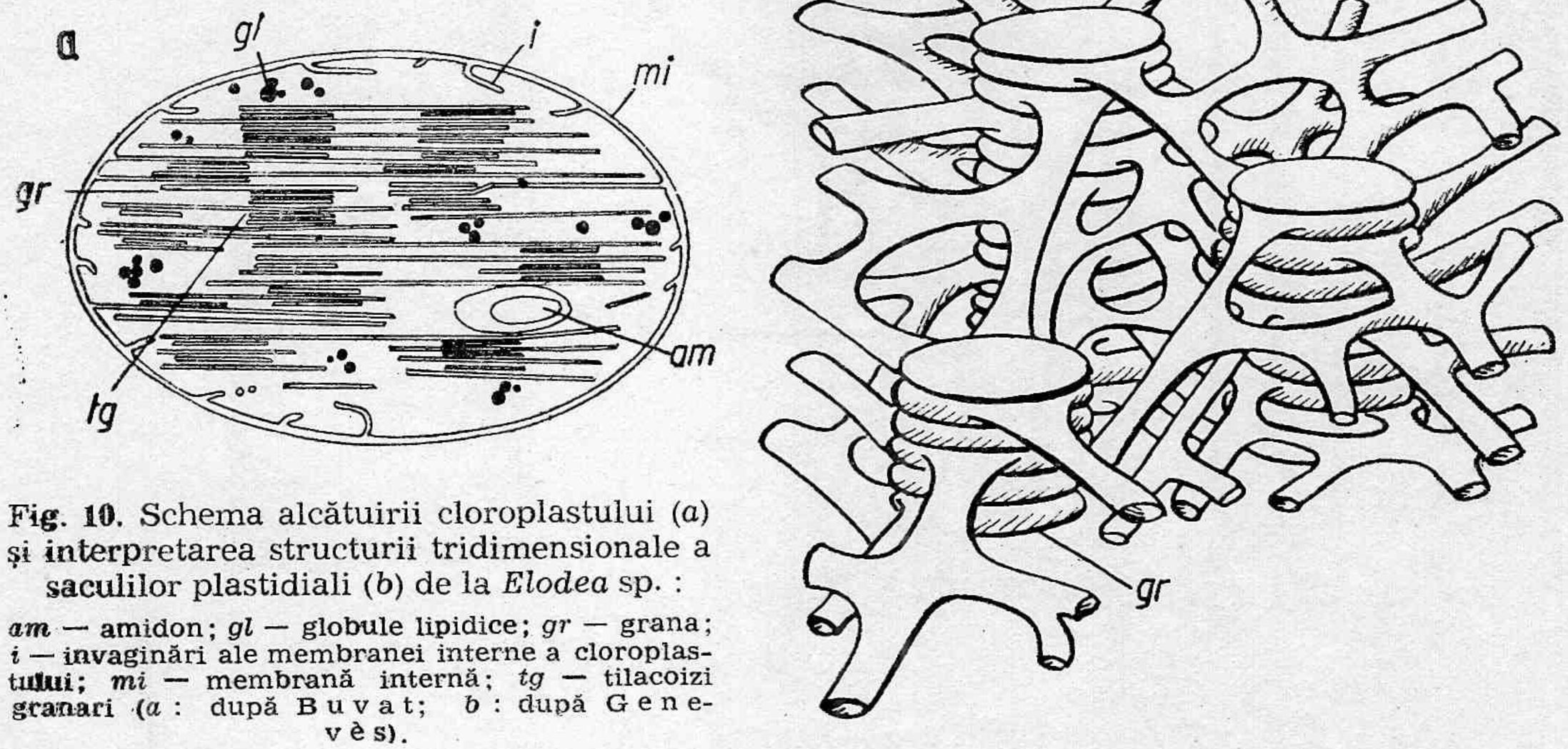


Fig. 10. Schema alcătuirii cloroplastului (*a*) și interpretarea structurii tridimensionale a saculilor plastidiali (*b*) de la *Elodea* sp. :

am — amidon; *gl* — globule lipidice; *gr* — grana; *i* — invaginări ale membranei interne a cloroplastului; *mi* — membrană internă; *tg* — tilacoizi granari (*a* : după B u v a t; *b* : după G e n e v è s).

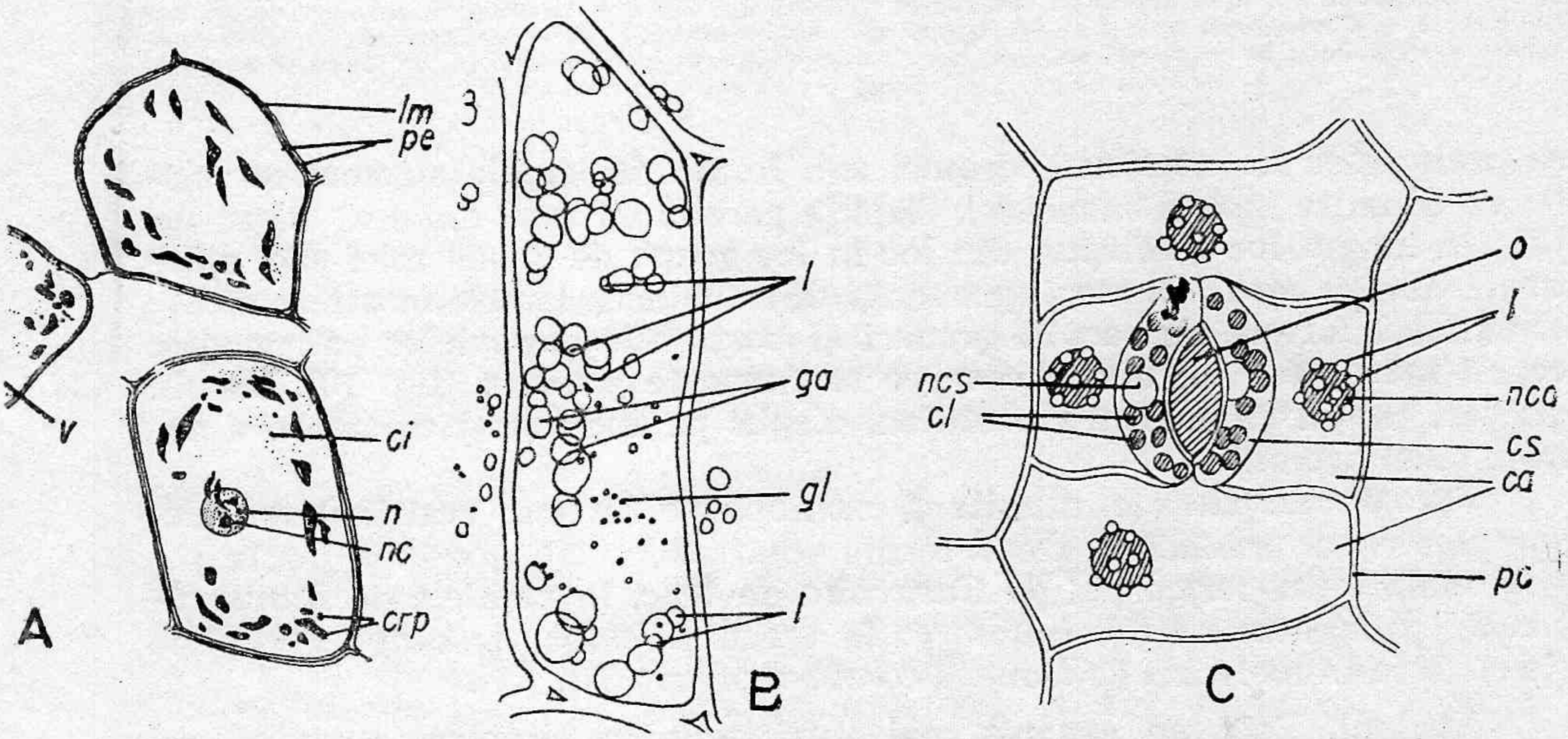
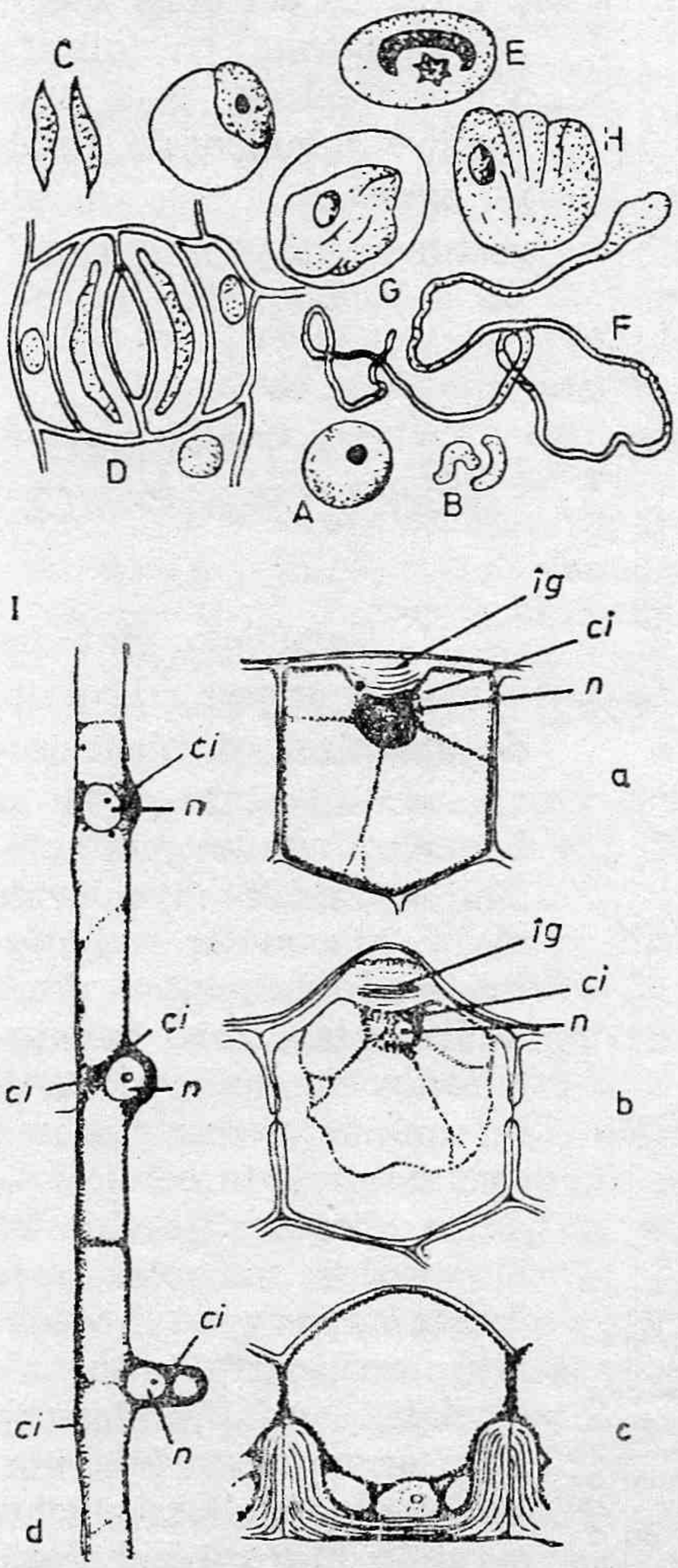


Fig. **11.** Tipuri de plastide în diferite organe vegetale :

A — celulă din mezocarpul fructului de *Rosa* sp.; *B* — celulă din rizomul de *Iris germanica*; *C* — fragment din epiderma frunzei de *Zebrina pendula*; *ca* — celulă anexă; *ci* — citoplasmă; *cl* — cloroplaste; *crp* — cromoplaste; *cs* — celulă stomatică; *ga* — granule de amidon; *gl* — granulații lipidice; *l* — leucoplaste; *lm* — lamelă mijlocie; *n* — nucleu; *nc* — nucleol; *nca* — nucleul celulei anexe; *ncs* — nucleul celulei stomatice; *o* — ostiolă; *pc* — perete celular; *v* — vacuolă (*A* : după I. T. T a r n a v s c h i și colab.; *B* : după G e n e v è s; *C* : după S t r a s b u r g e r).

Plantele ale căror celule conţin nucleu individualizat, înconjurat de membrană, se numesc *eucariote*. De regulă celulele sînt uninucleate, rareori binucleate (la ciupercile superioare, înainte de cariogamie) sau plurinucleate (structura cenocitică de la unele alge, vasele laticifere ş.a.). Unele celule mature, vii, nu au nucleu : acesta a dispărut în cursul diferenţierii (tuburile ciuruite). Forma nucleului poate fi sferică, ovală, filiform-cilindrică (*Chara*, *Lilium*), semilunară (*Tradescantia*), fusiformă (*Hyacinthus*), filamentoasă (*Lycoris*) sau veziculoasă (*Musa*) (fig. 12). De regulă, nucleul este sferic şi cu poziţie centrală în celulele meristematice, lenticular (în elementele parenchimatice) sau fusiform (în elementele prozenchimatice), cu poziţie parietală în celulele definitive. Dimensiunea nucleului este proporţională cu talia celulei, diametrul lui variind de la 1—2 μ (la levuri) pînă la 450 μ (în oosfera de la *Cycas*, *Dioon*) ; la plantele superioare nucleul are dimensiuni cuprinse între 10 şi 15 μ.



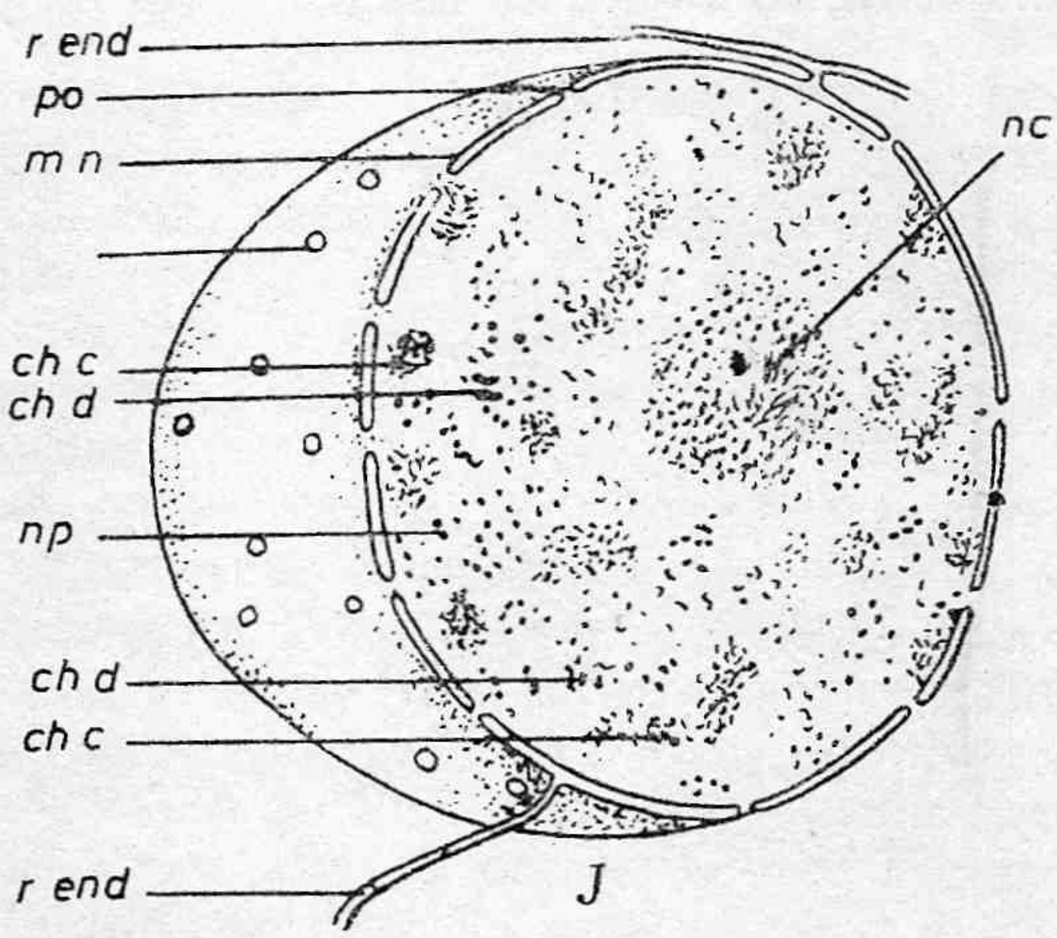


Fig. 12. Forme de nuclei :

A — sferic, la *Neottia*; *B* — cilindric, la *Chara*; *C* — fusiform, la Hyacinthus; *D*, *E* — semilunari, la *Tradescantia*; *F* — filamentos, la *Lycoris*; *G*, *H* — uriaşi, la *Aloe*; *I* — poziţia nucleului în celulă (*a*, *b* — celule epidermice din frunza de *Aloe verrucosa*; *c* — celulă epidermică din sămînţa de *Scopolina atropoides*; *d* — celule rizodermice din rădăcina de *Pisum sativum*); *J* — schema infrastructurii nucleului interfazic; *ch c* — cromatină condensată; *ch d* — cromatină dispersată; *ci* — citoplasmă; *îg* — îngroşare lenticulară; *m n* — membrană nucleară; *n* — nucleu; *nc* — nucleol; *np* — nucleoplasmă; *po* — pori; *r end* — reticul endoplasmatic (*A—H* : după Molisch; *I* : după Guttenberg; *J* : după Nougarède).

Structura nucleului. În perioada de „repaus“ nucleul este format din membrană nucleară, unul sau cîţiva nucleoli, cromatină şi nucleoplasmă. Văzută la microscopul electronic, *membrana nucleară* apare dublă (fiecare din cele două foiţe avînd o grosime de 75 Å) şi prevăzută cu pori. Foiţa externă este în continuitate cu membranele reticulului endoplasmatic, iar spaţiul perinuclear comunică cu cavităţile acestuia. *Nucleolii* au formă sferică şi diametrul de 1—3 μ, fără membrană proprie, cu o reţea filamentoasă numită nucleolonemă, în ochiurile căreia se găsesc spaţii clare ; compoziţia chimică este complexă, RNA fiind întotdeauna prezent. *Cromatina* este formată în principal din nucleoproteine (mai ales DNA) şi se poate prezenta ca un ansamblu de filamente ce formează o reţea cromatică falsă, sau sub formă de aglomerări de granule (cromomere) numite cromocentre. După repartiţia cromatinei în nucleoplasmă se disting două tipuri de nuclei : cu structură reticulată sau filamentoasă şi cu structură areticulată. În cursul diviziunii nucleare cromatina se organizează în *cromozomi*, constanţi ca număr şi formă pentru toţi indivizii aceleiaşi specii.

Nucleoplasma (cariolimfa, sucul nuclear) este substanţa fundamentală, fluidă şi omogenă, care umple restul cavităţii nucleare.

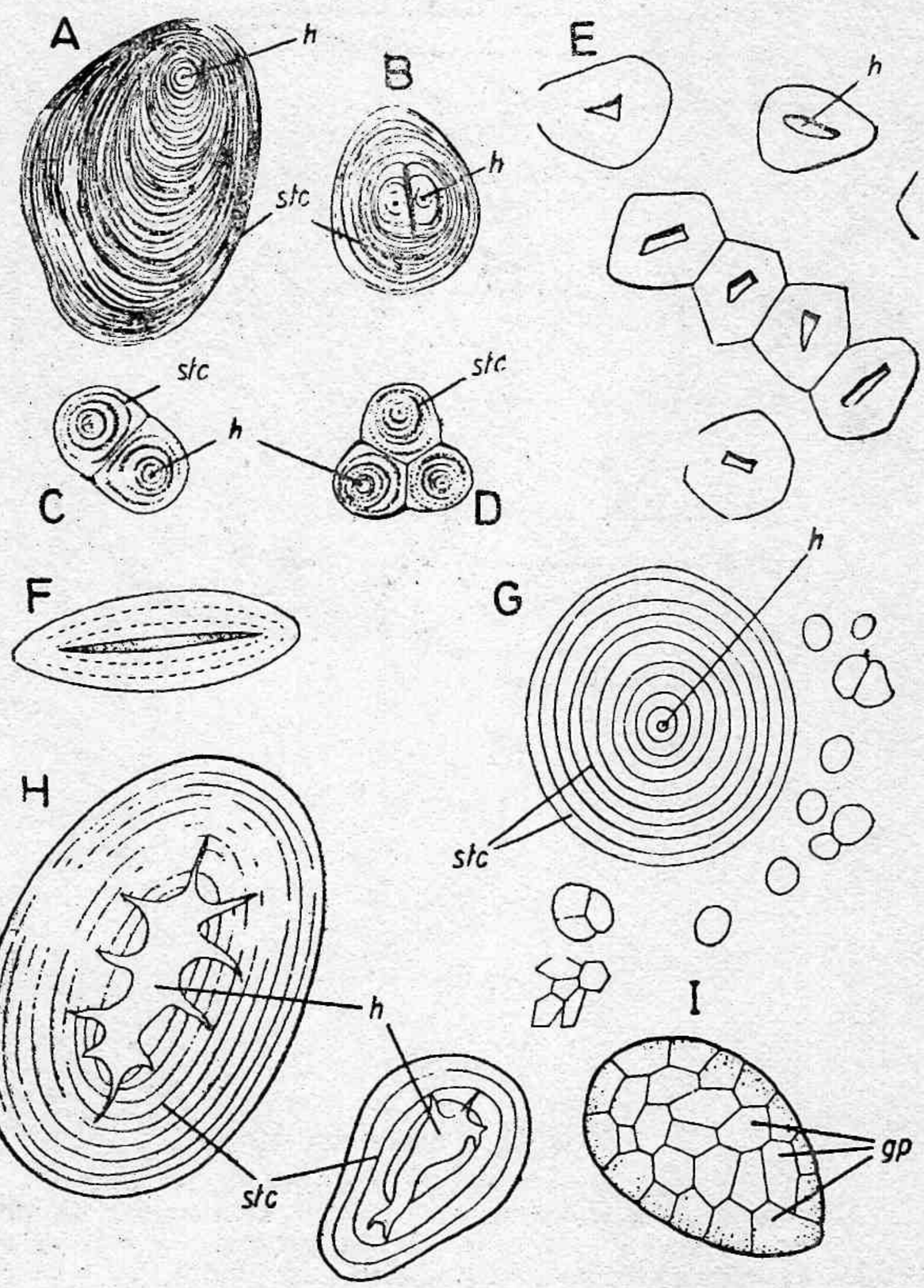


Fig. 13. Tipuri de granule de amidon :

A, B — granule simple *(Solanum tuberosum)*; *C, D* — granule semicompuse *(Solanum tuberosum)*; *E* — granule poliedrice *(Zea mays)*; *F, G* — granule mari şi mici *(Triticum vulgare)*; *H* — granule simple, cu hil ramificat *(Phaseolus vulgaris)*; *I* — granule compuse *(Oryza sativa)*; *h* — hil; *gp* — granule parţiale (simple); *stc* — straturi de creştere (*A—D:* după Strasburger; *E:* după Kerner; *F—G:* după Tobler; *H:* după Guttenberg; *I:* după Kaussmann).

2.2. COMPONENTELE NEPROTOPLASMATICE

1. **Vacuolele** sînt incluziuni apoase, limitate de tonoplast şi alcătuiesc vacuomul celular. Ele se formează de regulă plecînd de la dilataţiile locale ale membranelor reticulului endoplasmatic, fiind numeroase şi mici în celulele meristematice, mari şi în număr redus (adesea una singură) în celulele adulte. Compoziţia chimică a sucului vacuolar este foarte heterogenă şi variabilă : apă, săruri minerale (fosfaţi, sulfaţi, cloruri), acizi organici (tartric, malic, citric, oxalic), glucide solubile (glucoză, zaharoză,

inulină), proteine simple (aleuronă, nucleoproteine, pigmenți), taninuri, alcaloizi, mucilagii, latex, uleiuri eterice, rășini ș.a. Există și vacuole grase, vacuole cu uleiuri volatile etc. 2. **Incluziuni ergastice solide.** Acestea sînt de două categorii : *anorganice* (cristale de oxalat de calciu, sulfat de calciu, carbonat de calciu, bioxid de siliciu) și *organice :* proteice (grăuncioare de aleuronă : simple și compuse) și glucidice (grăuncioare de amidon : simple, compuse și semicompuse, de formă și mărimi diferite, cu sau fără hil, cu sau fără straficație vizibilă) (fig. 13).

2.3. PERETELE CELULAR

Este un constituient caracteristic celulelor vegetale (numite, din acest motiv, dermatoplaste), produs de citoplasmă în urma proceselor metabolice, format din poliglucide (îndeosebi celuloză). Peretele celular are atît rol protector, cît și în procesele de osmoză, fiind alcătuit din : *schelet* (format în principal din celuloză), *matrice* (formată din substanțe pectice, hemiceluloze ș.a.) și *substanțe de încrustare* (care participă la modificarea secundară chimică a peretelui : suberina, ceara, cutina, lignina ș.a.). În puține cazuri peretele celular rămîne pur sau aproape pur celulozic (celulele meristematice, celulele din măduva tînără de floarea soarelui sau de soc, perii seminali de la bumbac etc.) ; cel mai adesea el se impregnează cu diferite alte substanțe chimice.

Alcătuirea peretelui celular : peretele primar (celulozopectic), peretele secundar (celulozic sau impregnat și cu alte substanțe chimice) și peretele terțiar (în contact cu citoplasma). Două celule alăturate, tinere (rezultate în urma diviziunii), sînt mai întîi separate printr-un perete fin, de natură pectică, numit lamelă mijlocie sau mediană ; apoi, citoplasma acestor celule alăturate sintetizează cîte o peliculă fină de celuloză (perete primar) ; mulți autori consideră drept perete primar tocmai ansamblul format din lamela mijlocie și pereții primari (în sens restrîns) ai celor două celule alăturate.

Lamela mijlocie nu are o structură, compușii săi pectici aflîndu-se în stare coloidală. Pătura celulozică a *peretelui primar* este formată din *lanțuri macromoleculare celulozice* dispuse paralel, lanțuri care se grupează în *micele* (de 80 Å în diametru) ; la rîndul lor, cordoanele de micele se asociază în microfibrile (de 100—200 Å în diametru), vizibile numai la microscopul electronic. Toate aceste microfibrile sînt cimentate între ele de substanțe pectice, împletite într-o rețea foarte laxă și întotdeauna apar dispuse paralel cu lamela mijlocie. Fiecare pătură celulozică a *peretelui secundar* este formată dintr-un *fascicul de fibrile* dispuse paralel cu suprafața celulei. Fiecare fibrilă cuprinde ea însăși un ansamblu de *microfibrile*, din care fiecare este constituită dintr-un fascicul de lanțuri celulozice grupate în micele (fig. 14). Microfibrilele sînt aici dispuse paralel (și nu împletite), foarte apropiate între ele. În diferitele pături celulozice ale peretelui secundar, fibrilele de celuloză sînt orientate în mod variat și diferă de la o celulă la alta, de la un țesut la altul. Așadar, fibrilele de celuloză formează o rețea compactă, implîntată în matricea peretelui celular (formată din compuși pectici, hemice-

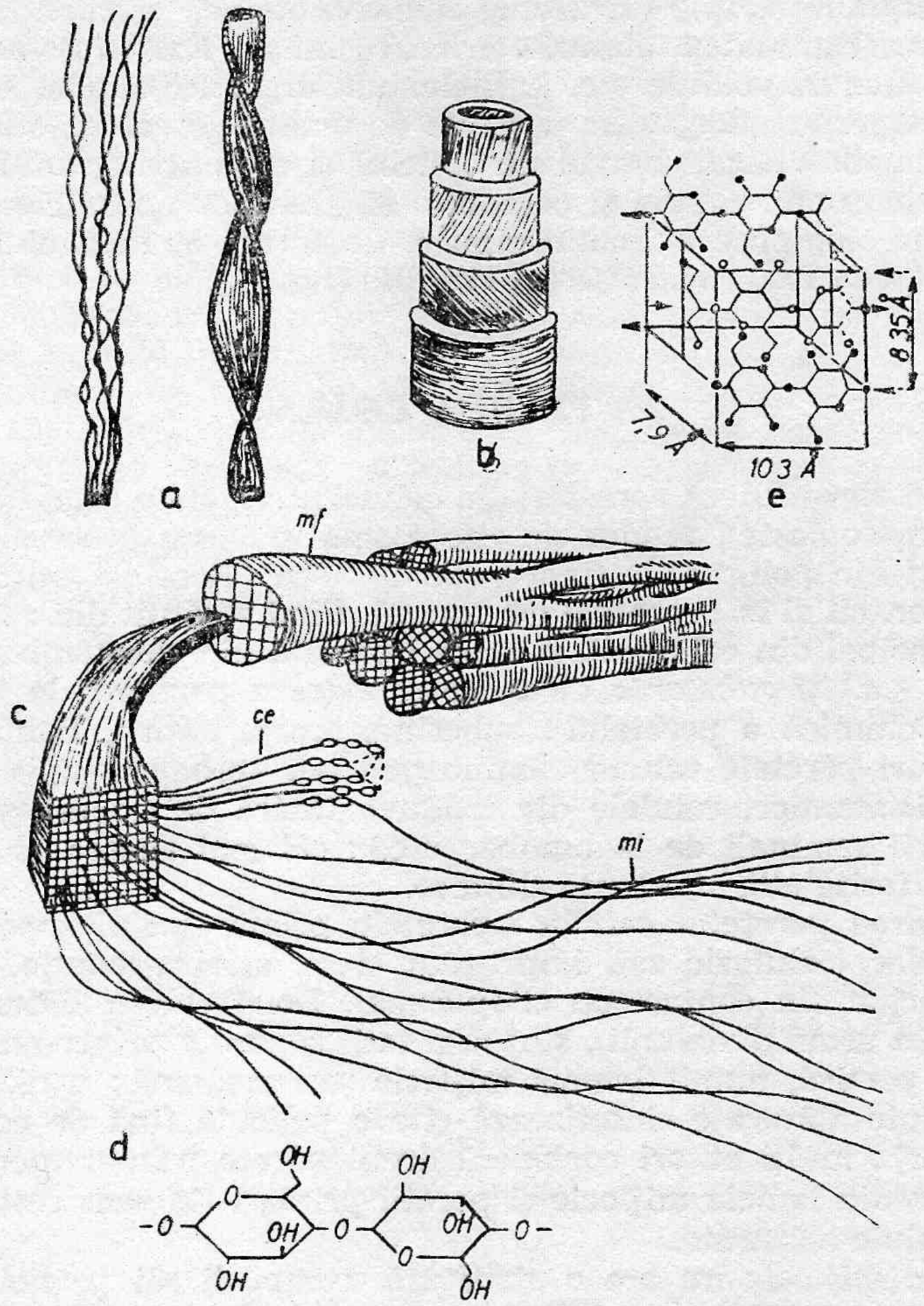


Fig. 14. Organizarea infrastructurală și macromoleculară a peretelui celulozic de la un păr seminal de *Gossypium herbaceum* :

a — peri ieșiți la suprafața fructului (stînga) și un fragment de păr mult mărit (dreapta); *b* — straturi suprapuse în peretele părului; *c* — microfibrile constituiente ale peretelui, compuse din molecule lungi de celuloză care pe alocuri formează micele; *d* — celobioză compusă din două reziduuri de glucoză β într-o înlănțuire de celuloză; *e* — unitate cristalină formată dintr-un grup de patru lanțuri dispuse într-un sens (săgeți) și de un al cincilea (săgeata inversă) în celălalt sens (dimensiuni în Å); *ce* — celuloză; *mf* — microfibrile; *mi* — micele (după G e n e v è s).

luloze, caloză ș.a.). În spațiile microcapilare ale peretelui pot pătrunde, în cazul modificărilor secundare, molecule de lignină, cutină, suberină etc.

Creșterea peretelui celular este de două feluri : în suprafață și în grosime. *Creșterea în suprafață* are loc prin întindere (extensibilitate) și *intussuscepțiune* (intercalare de noi micele de celuloză, produsă de citoplasmă, în ochiurile rețelei formate de microfibrile) ; ea este caracteristică numai peretelui primar și duce la mărirea volumului celulei. În

această creştere auxinele au rol în mărirea plasticităţii peretelui, iar presiunea osmotică a sucului vacuolar determină îndepărtarea microfibrilelor din perete, mărimea ochiurilor reţelei şi intercalarea de noi microfibrile. Creşterea în suprafaţă poate fi uniformă (la celulele parenchimatice) sau neuniformă (la celulele prozenchimatice şi cele cu braţe). *Creşterea în grosime* are loc prin *apoziţie* şi intussuscepţiune, fiind caracteristică peretelui secundar. Ea are loc atît centripet (uniform — la fibrele de sclerenchim şi la vasele de lemn cu punctuaţii ; neuniform — la fibrele de colenchim şi la vasele de lemn inelate, spiralate, reticulate şi scalariforme), cît şi centrifug (uniform — la celulele epidermice ; neuniform — la grăuncioarele de polen).

Păturile secundare de celuloză nu se depun continuu în peretele celular, ci din loc în loc rămîn mici orificii numite *punctuaţii*, care de regulă sînt duble, corespunzînd de la o celulă la alta, fiind întrerupte doar de peretele primar, care constituie membrana obturantă a punctuaţiei (fig. 15). Punctuaţiile sînt de trei categorii : simple, areolate şi semiareolate. La nivelul fiecărei punctuaţii, peretele primar (membrana obturantă) este străpuns de numeroase canalicule foarte fine, numite *plasmodesme*, prin care se face legătura între conţinutul citoplasmatic al celulelor învecinate.

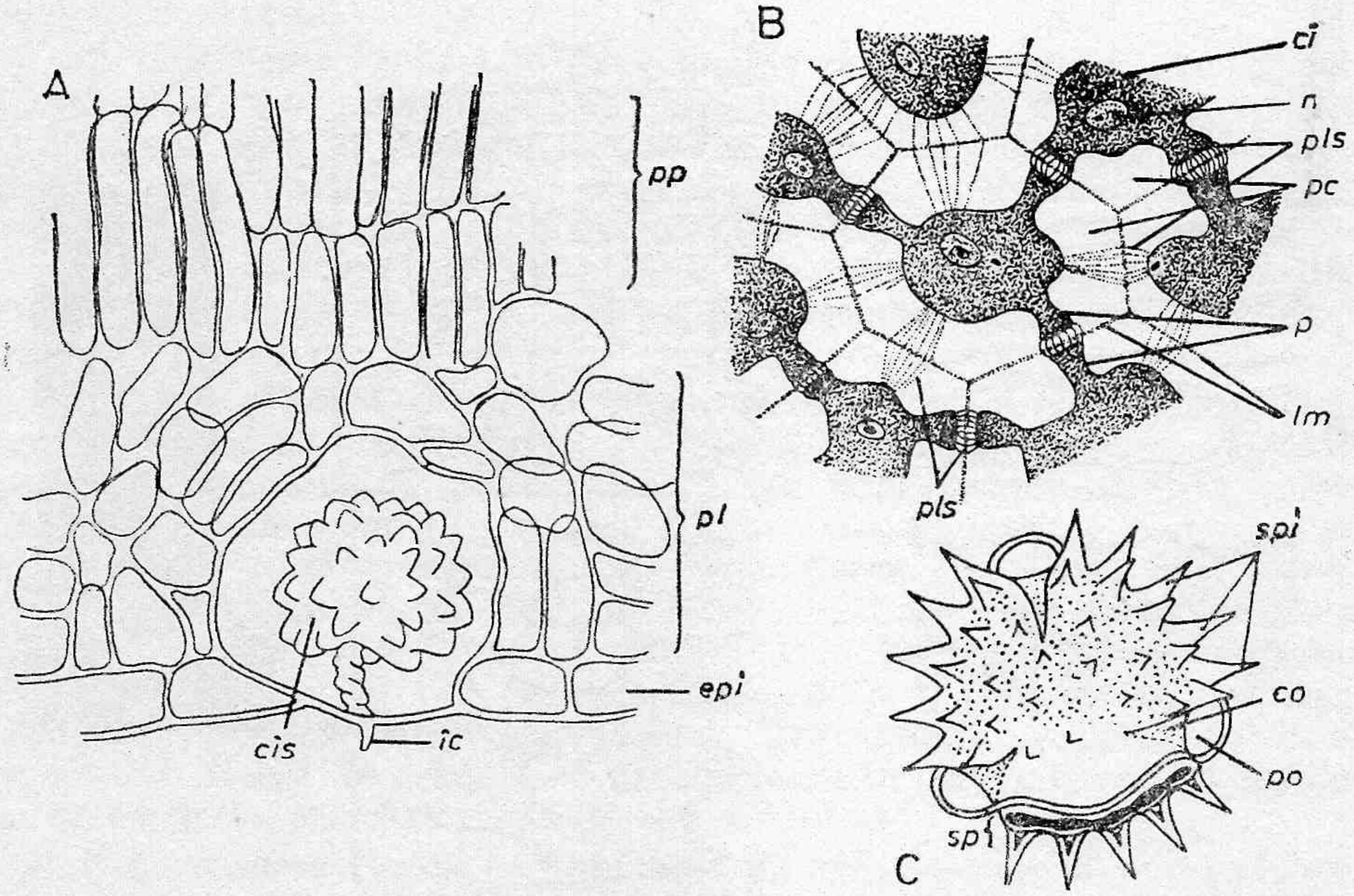


Fig. **15.** Plasmodesme şi tipuri de îngroşare a peretelui celular :

A — secţiune transversală prin lamina frunzei de *Ficus carica; B* — secţiune transversală prin endospermul seminţei de *Phoenix dactylifera; C* — grăuncior de polen cu îngroşări centrifugale la *Helianthus annuus; ci* — citoplasmă; *cis* — cistolit; *co* — colp (brazdă); *epi* — epidermă inferioară; *ic* — îngroşare centrifugală; *lm* — lamelă mijlocie; *n* — nucleu; *p* — punctuaţiune; *pc* — perete celular; *pl* — parenchim lacunar; *pls* — plasmodesme; *po* — por; *pp* — parenchim palisadic; *sp* — sporodermă; *spi* — spini (*A, C* : după I. T. Tarnavschi şi colab.; *B* : după Strasburger).

2.4. MODIFICĂRILE SECUNDARE ALE PERETELUI CELULAR

Aceste modificări sînt : a) *Cutinizarea* constă în acoperirea și, parțial, impregnarea peretelui extern al celulelor epidermice cu o substanță grasă numită *cutină* ; se formează astfel o *cuticulă* impermeabilă pentru apă și gaze. Cutinizarea mai poate afecta exina grăuncioarelor de polen, peretele extern al celulelor ce formează integumentul sau integumentele ovulului, pereții celulelor ce formează endoderma de tip primar (cu îngroșările lui Caspary), suprafața liberă a celulelor ce mărginesc canalele aerifere. Cutina, sub formă lichidă, este produsă de citoplasmă și eliminată prin peretele celulozic la suprafața celulei, unde în contact cu aerul se întărește ; cuticula poate fi netedă sau alcătuiește un relief caracteristic. La anumite plante, în peretele extern epidermic se disting trei zone : cuticula, zona păturilor cuticulare și zona necutinizată. Grosimea cuticulei variază în funcție de mediul în care cresc plantele : la plantele acvatice submerse cuticula lipsește sau este foarte subțire, ca și în cazul plantelor ce cresc în locuri cu atmosferă bogată în vapori de apă, cu sol bogat în apă ; dimpotrivă, cuticula este groasă sau foarte groasă la plantele ce cresc în regiuni caracterizate prin climat uscat (secetos), stepic sau de pustiu (fig. 16, A, B, C). Uneori cuticula pătrunde sub formă de creste între celulele epidermice (la fructul de *Pyrus*).

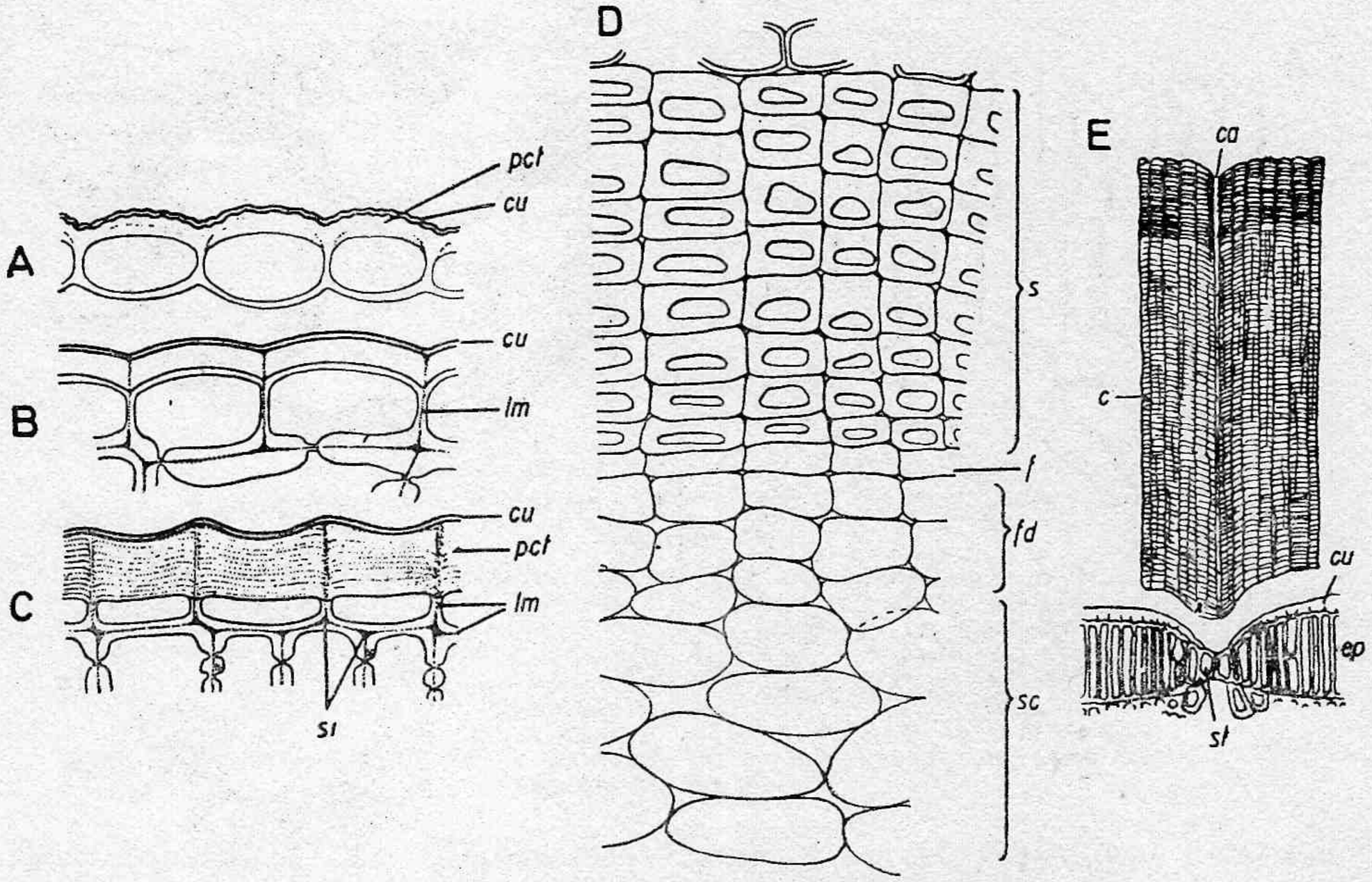


Fig. 16. Modificări secundare ale peretelui celular (secțiuni transversale) :
A — frunză de *Dianthus plumarius; B* — tulpină de *Cereus triangularis; C* — tulpină de *Kleinia neriifolia; D* — tulpină de *Citisus laburnum; E* — frunză de *Klopstockia cerifera. A, B, C* — cutinizarea și cuticularizarea la celulele epidermale; *D* — suberificarea; *E* — cerificarea; *c* — ceară; *ca* — canalicule în dreptul stomatelor; *cu* — cuticulă; *ep* — epidermă; *f* — felogen; *fd* — feloderm; *lm* — lamelă mijlocie; *pct* — perete cutinizat; *s* — suber; *sc* — scoarță (primară) ; *si* — spațiu intercelular; *st* — stomată (*A, B, C* : după Molisch; *D* : după I. T. Tarnavschi și colab.; *E* : după Guilliermond).

b) *Suberificarea* constă în impregnarea peretelui celular cu o substanţă grasă numită *suberină*, impermeabilă pentru apă şi gaze. Suberificarea afectează îndeosebi peretele secundar al celulei. La completa suberificare a pereţilor celulele mor, lumenul lor fiind plin cu aer. Ţesutul format din celule cu pereţi suberificaţi se numeşte suber (secundar) şi provine din activitatea felogenului (meristem secundar) (fig. 16, D). Suberificarea poate fi totală (*Salix* — salcie, *Fagus* — fag, *Quercus* — stejar) sau parţială (*Populus* — plop, *Acer* — arţar) şi caracterizează îndeosebi organele vegetative axiale de la cele mai multe plante perene. Suberificarea afectează şi unele ţesuturi primare (exoderma).

c) *Cerificarea* constă în formarea unei pături de ceară la suprafaţa peretelui extern al celulelor epidermice de la frunze, tulpini şi fructe ; în cele mai multe cazuri cerificarea însoţeşte cutinizarea, completînd rolul protector al cuticulei (fig. 16, E). Cînd pătura de ceară este groasă, apare străbătută de nişte canale, care se află îndeosebi în faţa stomatelor (de ex. *Klopstockia cerifera*). La unele plante ceara încrustează peretele, cuticula, păturile cuticulare şi chiar pe cele suberificate. Alteori ceara se depune ca un înveliş sub formă de plăci groase (de ex. *Klopstockia cerifera*), ca o pătură continuă, granulată (de ex. *Iris florentina*) sau formată din bastonaşe scurte şi foarte apropiate (de ex. *Eucalyptus globulus* — eucalipt) ori lungi, cu extremităţile încovoiate (de ex. deasupra nodurilor tulpinale de *Phragmites communis* — stuf), ca o pătură fin granulată la suprafaţa fructelor (de ex. *Vitis vinifera* — viţa de vie, *Prunus domestica* — prun).

d) *Lignificarea* constă în impregnarea peretelui celular cu o substanţă aromatică numită *lignină*. Acest proces începe cu lamela mijlocie şi continuă pînă la ultimele pături ale peretelui secundar. Lignina se infiltrează în spaţiile intermicelare ale peretelui pectocelulozic. Lignificarea este mai intensă la *Gymnospermae* decît la *Angiospermae* şi are loc mai ales la vasele de lemn, fibrele de sclerenchim (periciclice, liberiene, lemnoase), sclereide, parenchimul lemnos şi uneori medular, la unii peri protectori.

e) *Mineralizarea* constă în impregnarea peretelui celular cu diferite substanţe anorganice (carbonat de calciu, bioxid de siliciu, oxalat de calciu). Carbonatul de calciu acoperă sau impregnează peretele celular la unele plante acvatice inferioare *(Chara, Lithothamnium, Coralina)* sau superioare *(Myriophyllum, Najas, Potamogeton)*, la ferigi *(Equisetum)*, *Saxifragaceae, Plumbaginaceae, Moraceae, Urticaceae* ş.a. La unele plante (*Ficus, Urtica* ş.a.) se formează cistoliţi. Bioxidul de siliciu impregnează sub formă de granule fine peretele celular de la unele plante *(Diatomeae, Equisetaceae, Gramineae, Cyperaceae, Urticaceae)*. Oxalatul de calciu apare sub formă de cristale ce proeminează în lumenul celulei (epidermice, corticale, asimilatoare, liberiene, medulare).

f) *Gelificarea* constă în îmbibarea cu apă a peretelui pectocelulozic, care duce la transformarea acestuia într-o masă gelatinoasă, mucilaginoasă. Gelificarea poate afecta total sau parţial peretele celular şi este caracteristică celulelor ce formează albumenul seminţelor (de ex. *Ceratonia siliqua* — roşcov), tegumentul seminal (de ex. *Linum usitatissimum* — in), scoarţa şi lemnul tulpinii (de ex. *Prunus, Cerasus* — cireş, *Amygdalus* — migdal), în ultimul caz formîndu-se guma sau cleiul, care

ieșind la suprafața tulpinii devine cornos. Gelificarea are loc și la unele alge albastre, brune și roșii, ca și la multe ciuperci. Gelificarea are rol deosebit în formarea vaselor de lemn și de liber, a tuburilor laticifere, fiind urmată de regulă de lichefiere.

g) *Lichefierea* constă în dizolvarea — sub acțiunea unor fermenți — și dispariția peretelui celular, așa cum se întîmplă în cazul formării traheelor, tuburilor ciuruite și a laticiferelor articulate.

2.5. DIVIZIUNEA CELULEI

Înmulțirea celulelor se face prin diviziune și este precedată mai întîi de o creștere a lor.

Mitoza (diviziunea ecvațională, indirectă, somatică, tipică) este forma cea mai răspîndită de înmulțire a celulelor somatice. Mitoza cuprinde două procese : diviziunea nucleului existent în doi nuclei fii (aceasta este mitoza în sens restrîns sau *cariocineza*) și diviziunea celulei existente în două celule fiice (deci diviziunea tuturor organitelor citoplasmatice și formarea peretelui despărțitor, proces numit *citocineză*). Intervalul de timp care separă două diviziuni succesive ale unei celule a fost denumit interfază.

a) *Cariocineza* se desfășoară în mod continuu, putîndu-se totuși distinge 4 faze mai importante, de durată inegală : profaza, metafaza, anafaza, telofaza. În *profază* are loc individualizarea cromozomilor, care spre sfîrșit apar ușor clivați longitudinal, începe să se formeze fusul acromatic, dispar nucleolii și membrana nucleară. În *metafază* se încheie formarea fusului acromatic, cromozomii, clivați longitudinal, se dispun la ecuatorul fusului acromatic, formîndu-se placa ecuatorială ; fiecare centromer al cromozomului este legat de polii fusului printr-o fibră cromozomică. În *anafază* au loc următoarele procese : dedublarea centromerilor, separarea completă a cromatidelor din fiecare pereche a unui cromozom, migrarea cromatidelor (numite și cromozomi-fii) către polii fusului, gruparea cromozomilor-fii la cei doi poli ai fusului : în acest proces de migrare, un rol deosebit îl are centromerul cromozomului, dar și contracția fibrelor cromozomice. În *telofază* se formează cei doi nuclei fii, plecînd de la două loturi echivalente de cromozomi care s-au separat în anafază. În această fază cromozomii suferă modificările inverse celor ce au avut loc în profază, formîndu-se astfel rețeaua cromatică, refăcîndu-se nucleolii și membrana nucleară (fig. 17).

b) Sfîrșitul telofazei coincide cu *citocineza,* rezultînd în cele din urmă peretele celular.

Așadar, în urma diviziunii ecvaționale rezultă două celule-fiice diploide, fiecare avînd deci în nucleu un număr (2n) de cromozomi egal cu cel avut de nucleul celulei mamă.

Cromozomii sînt formați din : două *filamente* spiralate, ce corespund celor două cromatide, bogate în cromomere și cromocentre de *cromatină*

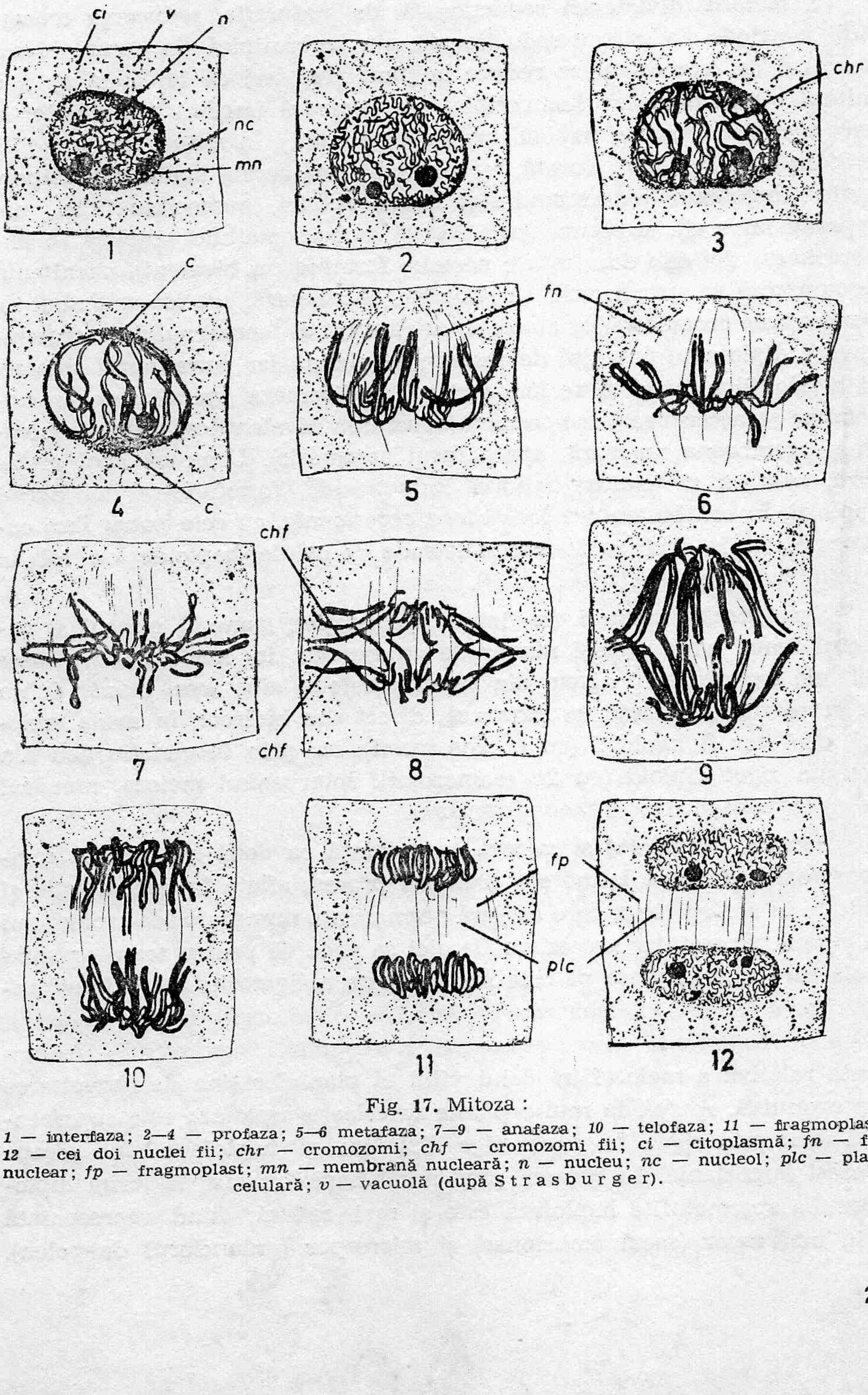


Fig. 17. Mitoza :

1 — interfaza; *2—4* — profaza; *5—6* metafaza; *7—9* — anafaza; *10* — telofaza; *11* — fragmoplast; *12* — cei doi nuclei fii; *chr* — cromozomi; *chf* — cromozomi fii; *ci* — citoplasmă; *fn* — fus nuclear; *fp* — fragmoplast; *mn* — membrană nucleară; *n* — nucleu; *nc* — nucleol; *plc* — placă celulară; *v* — vacuolă (după S t r a s b u r g e r).

și *matrixul* (substanța fundamentală), o constricție primară (centromerul) și una secundară.

2. *Meioza* (diviziunea reducțională, de maturație, reducerea cromatică) cuprinde : o mitoză reducțională sau heterotipică (în cursul căreia numărul de cromozomi se reduce la jumătate, deci de la 2n la n) și o mitoză ecvațională sau homeotipică (ce urmează imediat precedentei și care menține numărul haploid (n) de cromozomi). În *mitoza reducțională* profaza este de lungă durată, cuprinzînd următoarele stadii mai importante : leptotenul (cromozomii sînt lungi, subțiri, monocromatidici, net separați între ei), zigotenul (cromozomii monocromatidici omologi se împerechează doi cîte doi, fiecare pereche formînd un bivalent), pachitenul (cromozomii se spiralizează, se răsucesc, se clivează, are loc schimbul de porțiuni ale cromozomilor omologi, ca rezultat al fenomenului de crossingover), diplotenul (clivajul devine și mai vizibil, iar cromozomii omologi ai bivalenților încep să se îndepărteze) și diacineza (spiralizarea cromozomilor se accentuează, se termină separarea bivalenților, dispar nucleolii și membrana nucleară, apare fusul acromatic). Urmează apoi metafaza, anafaza și telofaza mitozei reducționale, formîndu-se doi nuclei haploizi. În continuare are loc *mitoza ecvațională*, cu cele patru faze cunoscute, iar în final se formează tetrade de celule haploide cu rol în înmulțire (gameți și spori) (fig. 18).

Semnificația meiozei. În timpul fecundației, gametul mascul și gametul femel aduc același număr de cromozomi în nucleul lor. Toate celulele organismului născut din zigot trebuie să aibă acest număr dublu de cromozomi. Gameții se formează, direct sau indirect, în urma meiozei, deci vor fi haploizi (cu n cromozomi), iar prin fecundație dau din nou un zigot diploid (cu $2n$ cromozomi). Intervenind meioza, numărul de cromozomi al speciei rămîne constant.

Așadar, fecundația și meioza se prezintă ca două mecanisme compensatoare, ca două laturi ale aceluiași proces, aflate în contradicție și unitate în același timp, care asigură permanența numărului de cromozomi în cursul generațiilor succesive. De aici se vede că pentru toate organismele care se înmulțesc pe cale sexuată este obligatoriu actul de schimbare sau alternare a fazelor care se deosebesc după numărul de cromozomi, adică a haplofazei (gametofitul) și a diplofazei (sporofitul). Importanța relativă a meiozei în ciclul vital al plantelor ține de dezvoltarea lor evolutivă. Astfel, la multe plante inferioare diplofaza este reprezentată doar prin zigot. La unele alge diplofaza și haplofaza au aproape aceeași importanță. La mușchi predomină haplofaza, iar la ferigi diplofaza. La spermatofite haplofaza este și mai redusă, fiind reprezentată prin macrospor (sacul embrionar) și microspor (grăunciorul de polen).

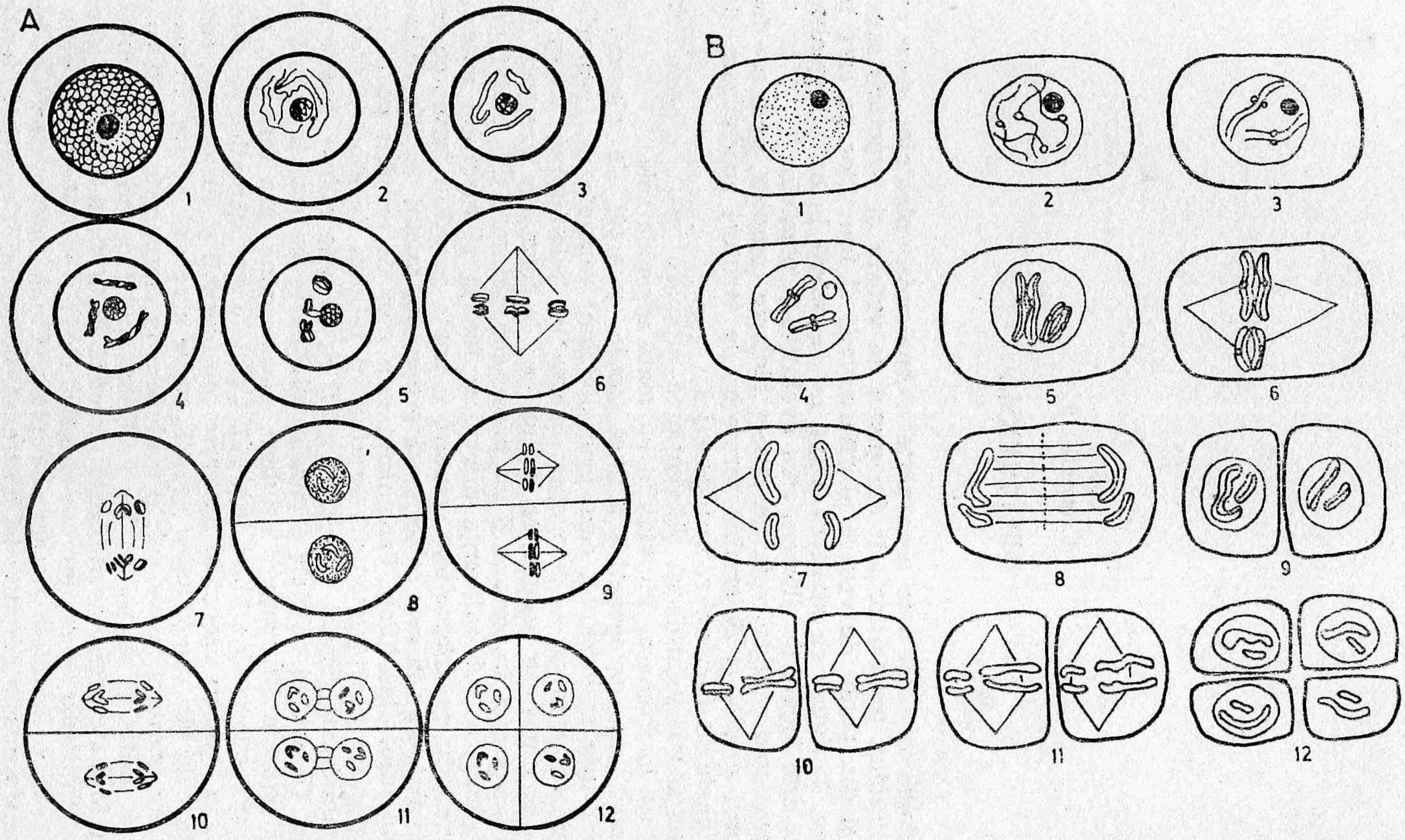


Fig. **18.** Meioza :

A — formarea tetradelor de microspori și macrospori : *1* — nucleu interfazic; *2* — leptoten; *3* — zigoten; *4* — pachiten; *5* — diacineză; *6* — metafaza I; *7* — anafaza I; *8* — intercineza; *9* — metafaza II; *10* — anafaza II; *11—12* — telofaza; *B* — schema desfășurării meiozei : *1* — interfaza; *2—5* — profaza I; *6* — metafaza I; *7* — anafaza I; *8—9* — telofaza I; *10* — metafaza II; *11* — anafaza II; *12* — telofaza *II* (*A* : după A t a b e k o v a; *B* : după K i s e l e v a).

Capitolul 3

HISTOLOGIA

Histologia vegetală este acea parte a Anatomiei plantelor care se ocupă cu studiul ţesuturilor atît din punct de vedere al structurii acestora, cît şi din punct de vedere al diferenţierii şi funcţiilor pe care le îndeplinesc. Noţiunea ca atare de *ţesut* nu se referă la orice organism vegetal, ci este legată de diferenţierea evolutivă a plantelor.

Diferenţierea celulară este un proces biologic complex, care are loc în interiorul celulei şi determină formarea de ţesuturi specializate, de unde şi numele de *diferenţiere histogenetică*.

Acestei etape îi urmează *diferenţierea organică* sau *ontogenetică*, care conduce la formarea individului cu toate organele sale.

În dezvoltarea ontogenetică a unei plante, punctul de plecare îl constituie *celula embrionară*, care prin diviziuni repetate dă ţesuturile embrionare, iar acestea — prin specializarea la îndeplinirea anumitor funcţii — dau naştere ţesuturilor definitive ; la formarea acestora din urmă, rolul cel mai important îl au produsele rezultate din activitatea protoplastului viu, sub influenţa diferiţilor factori ai mediului extern.

Un exemplu de diferenţiere celulară îl poate constitui formarea celulelor asimilatoare ; în cele ce urmează prezentăm modul de diferenţiere al parenchimului clorofilian. Fenomenul este uşor de urmărit pe o secţiune longitudinală prin mugurul terminal al tulpinii de *Elodea*. Meristemul terminal este format din celule mici, cu vacuole reduse, lipsite de cloroplaste. Observînd celulele frunzelor din ce în ce mai în vîrstă se pot urmări etapele diferenţierii celulare, care termină prin formarea celulelor de perenchim clorofilian (fig. 19). Celulele meristematice se alungesc mult, în timp ce vacuolele lor cresc considerabil şi fuzionează, constituind, în cele din urmă, unica vacuolă mare a celulei adulte. În acest timp unii condriozomi (mitocondrii) evoluează în cloroplaste ; aceşti condriozomi se umflă şi, în partea lor umflată, apare clorofila. Cloroplastele astfel formate cresc, acumulează clorofilă şi în final (cînd au atins mărimea definitivă), nu rămîne din substanţa condriozomilor decît membrana subţire, ce limitează fiecare cloroplast. Condriozomii care nu au suferit transformările amintite îşi păstrează, în celula diferenţiată, forma şi dimensiunile pe care le aveau în celulele meristematice.

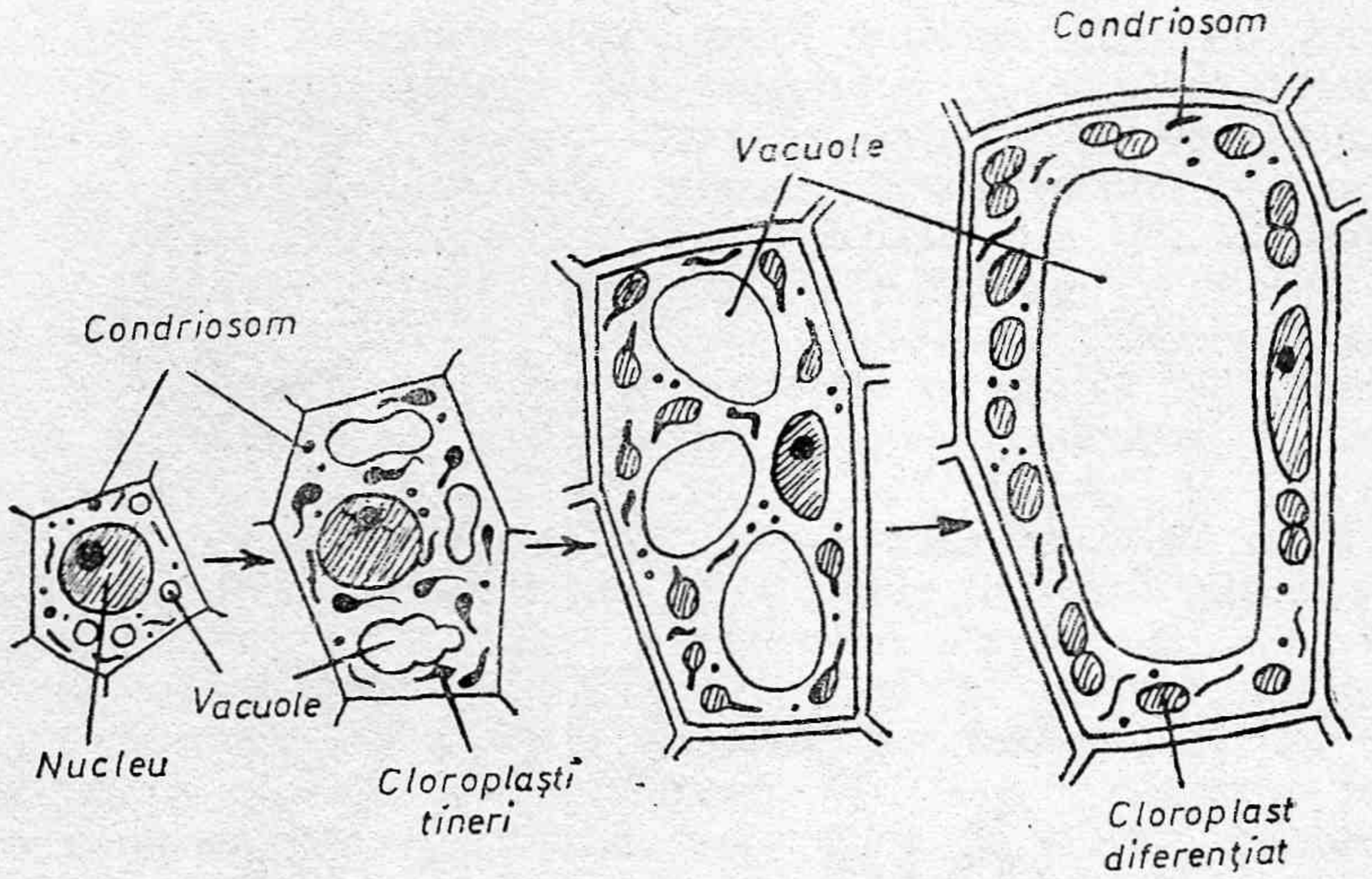


Fig. 19. Diferențierea unei celule de parenchim clorofilian (după C a m e f o r t).

3.1. DIFERENȚIEREA EVOLUTIVĂ A ȚESUTURILOR

Prin dezvoltarea filogenetică înţelegem diferenţierea celulelor în scara evolutivă a regnului vegetal, plecînd de la plantele inferioare unicelulare și ajungînd la cele superioare.

Ținînd seama de aceasta se deosebesc trei categorii importante de plante.

O primă categorie o constituie *protofitele*, în care sînt incluse organismele unicelulare la care funcţiile de relaţie, de nutriţie şi de reproducere sînt îndeplinite de organismul ca atare, constituit dintr-o singură celulă. În acest grup al protofitelor sînt cuprinse cele mai primitive organisme unicelulare, la care nu se constată existenţa unei polarităţi, adică o parte anterioară şi una posterioară.

Exemple în acest sens ne oferă *bacteriile* şi *algele albastre*, la care caracterul de primitivitate este evidenţiat şi prin prezenţa unui nucleu difuz.

O treaptă de evoluţie superioară este ilustrată de organismele unicelulare cu organizare mai complexă şi cu polaritate. Un exemplu în acest sens ni-l oferă alga verde *Chlamydomonas*, la care legătura cu mediul ambiant este îndeplinită de doi flageli situaţi, împreună cu stigma, în partea anterioară a celulei ; funcţia de nutriţie este îndeplinită de un cromatofor în formă de clopot, situat în partea posterioară a celulei (organismului) (fig. 20 A). În sfîrşit, funcţia de reproducere revine întregului organism în stadiul de maturitate al acestuia.

La aceste organisme situate pe treapta inferioară de evoluţie, se cunosc totuşi tipuri de organizare care ar putea căpăta sensul de „ţesut“ primitiv şi anume „*coenobiile*“, care sînt alcătuite din mai multe celule fără diferenţiere morfologică şi cu legătură foarte slabă între ele, astfel încît, dacă sînt desprinse din complex, pot trăi independent. Legătura

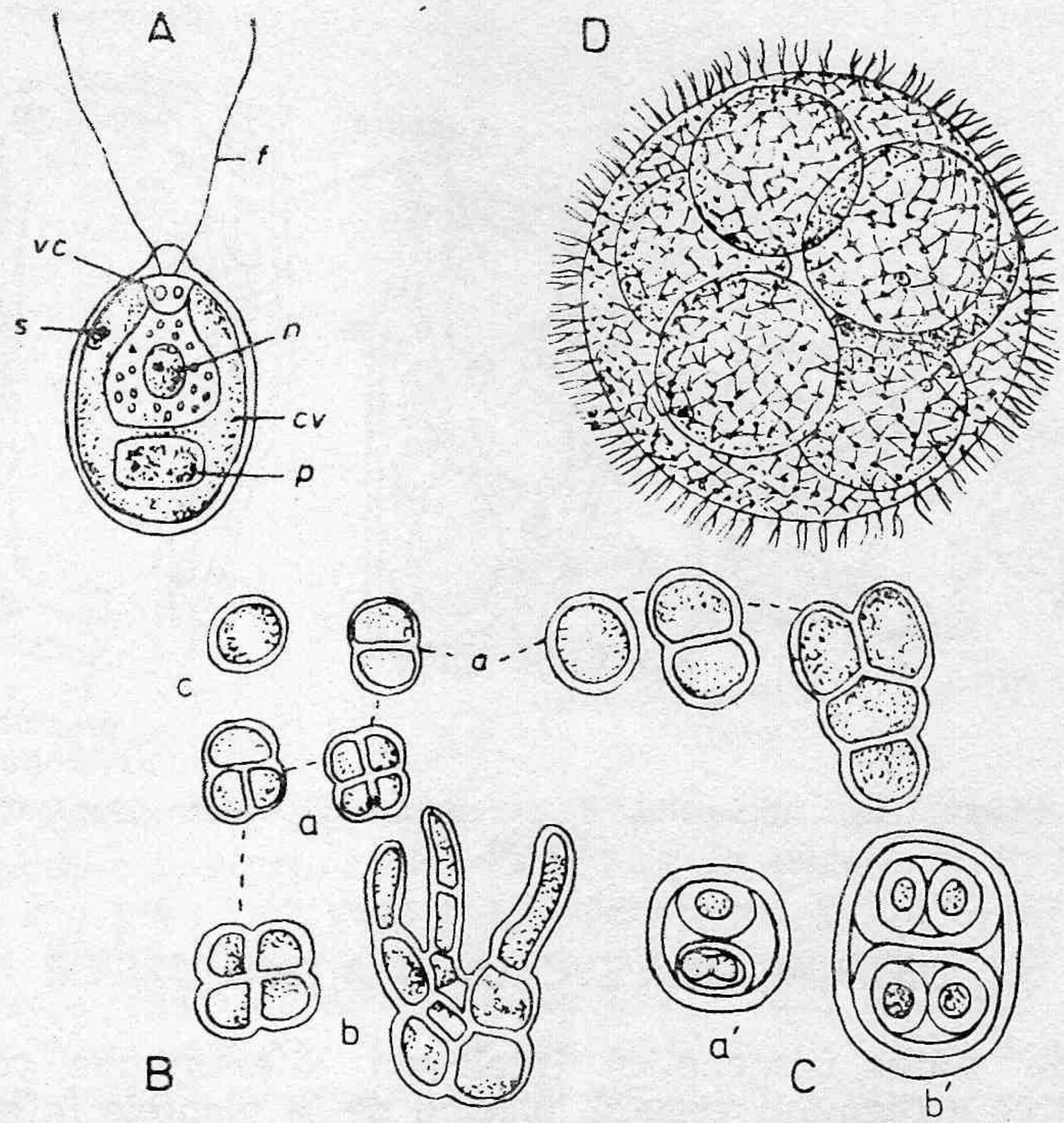


Fig. 20. Celule cu polaritate evidentă (*A* — *Chlamydomonas* sp.), cenobii (*B* — *Pleurococcus* sp.) și colonii (*C* — *Glaeocapsa* sp. ; *D* — *Volvox* sp.) :

a, b — cenobii (în *C* : *a', b'* — cenobiu complet format) ; *c* — celulă izolată; *cr* — cromatofor; *f* — flagel; *n* — nucleu; *p* — pirenoid; *s* — stigmă; *vc* — vacuolă contractilă (*A, C, D* : după Strasburger; *B* : după Schmeil).

dintre celule într-un astfel de „țesut" se face cu ajutorul unei substanțe gelatinoase, rezultată din gelificarea pereților celulari. Un astfel de tip de „țesut" se găsește la plantele cu o organizare inferioară, ca de exemplu la algele albastre *(Cyanophyta)* precum și la algele verzi *(Chlorophyta)*, iar dintre acestea mai cu seamă la *Volvocales* și *Protococcales*, (fig. 20, B, C).

O formă mai diferențiată, care din punct de vedere morfologic face trecerea de la organismul unicelular la cel pluricelular, este evidențiată de alga *Volvox*, la care se întîlnește o colonie cu numeroși indivizi biflagelați, dispuși periferic și situați într-o masă gelatinoasă (fig. 20, D) ; ei sînt uniți unii cu alții cu ajutorul unor formațiuni foarte fine, de natură plasmatică, numite plasmodesme.

În ceea ce privește structura și forma celulelor unei astfel de colonii, acestea sînt diferite. Se disting celule vegetative biflagelate și celule lipsite de flageli, mai mari față de primele, cu rol de înmulțire. Întreaga colonie are forma unei sfere care se mișcă cu ajutorul flagelilor și care se formează pornind de la o singură celulă. La acest organism se constată o diferențiere polară și anume există un pol anterior, cu celule mari, care îndeplinesc atît funcția de mișcare cît și de nutriție și altul

posterior, mişcarea făcîndu-se de la polul anterior spre cel posterior. Acest tip de organizare aparent are aspectul unui tal pluricelular.

Cea de-a doua categorie de plante în serie evolutivă o constituie *talofitele*, la care se întîlnesc taluri pluricelulare propriu-zise, mult diferenţiate din punct de vedere morfologic. Astfel, din această categorie poate fi dat ca exemplu talul filamentos de la *Spirogyra* (mătasea broaştei), mai puţin diferenţiat, constituit din celule asemănătoare, cilindrice, puse cap la cap. La *Cladophora* se întîlneşte un tal şi mai diferenţiat, ce prezintă ramificaţii, iar creşterea în lungime se realizează apical, prin celule iniţiale.

O organizare mult mai evoluată, în sensul că se poate vorbi de un ţesut „fals" rezultat din împletirea unor celule lungi, simple sau ramificate, o constituie aşa-numitul *plectenchim*, caracteristic talurilor de la ciupercile superioare şi de la licheni (fig. 21) ; un astfel de plectenchim secţionat transversal are aspectul unui ţesut parenchimatic, fapt pentru care mai poartă numele de *pseudoparenchim* sau *parenchim fals*. În această a doua categorie de plante, respectiv între talofite, se deosebesc unele organisme la care se întîlnesc formaţiuni corespunzătoare morfologic organelor vegetative de la plantele superioare ; este vorba de organisme ce aparţin algelor brune, cum ar fi *Laminaria, Fucus, Cystoseira*. Între talofite sînt incluse şi briofitele ; cele din clasa *Musci* (muşchi frunzoşi) au o tulpiniţă cu frunzuliţe şi rizoizi cu care se fixează de substrat.

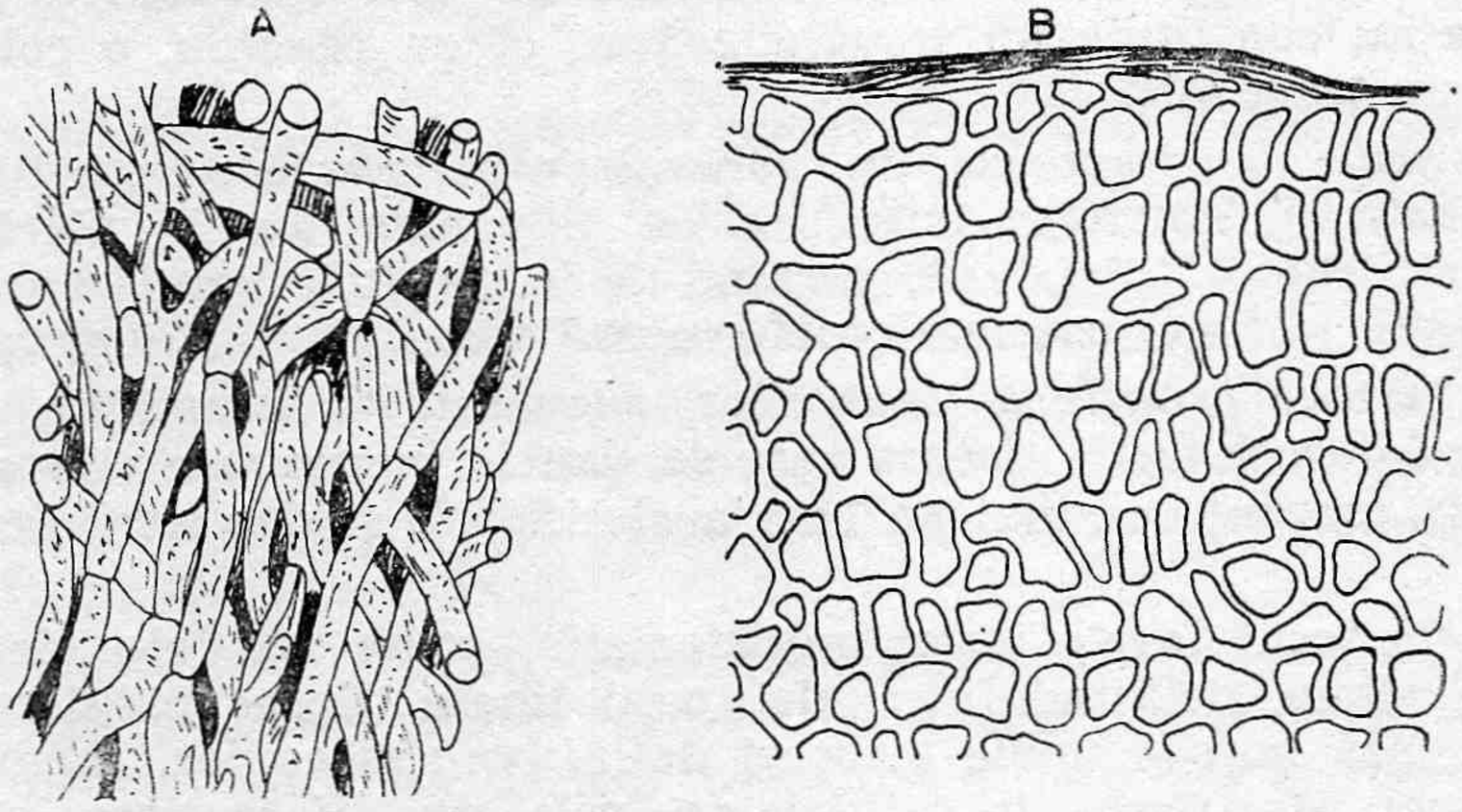


Fig. 21. Plectenchim (*A*) şi pseudoparenchim (*B*) :
A — secţiune longitudinală prin piciorul corpului de „fructificare" de la *Boletus edulis; B* — secţiune transversală prin sclerotul de *Claviceps purpurea* (*A* : după Strasburger; *B* : după Molisch).

Aceştia fac trecerea la cea de a treia categorie de plante, cele mai diferenţiate şi anume la *cormofite* sau plantele superioare, care prezintă o organizare complexă.

Cormofitele sînt plante superioare, cu corpul diferenţiat în trei organe vegetative distincte : rădăcină, tulpină şi frunze, alcătuite dintr-un număr mai mare de ţesuturi veritabile a căror specializare este maximă (ca exemplu : ţesuturi vasculare, una din caracteristicile histologice de bază ale cormofitelor).

Rezumînd, constatăm că diferenţierea celulară trebuie considerată sub două aspecte :

1 — *ontogenetic* — adică diferenţierea celulară în timpul dezvoltării individului, de la spor sau zigot pînă la stadiul adult ;

2 — *filogenetic* — diferenţierea celulelor în scara evolutivă a regnului vegetal, plecînd de la plantele inferioare unicelulare pînă la cele superioare pluricelulare — cormofite.

În funcţie de realizarea acestei diferenţieri se ajunge la împărţirea regnului vegetal în cele trei grupe descrise : *Protophyta, Thallophyta* și *Cormophyta.*

3.2. ŢESUTURI (generalităţi)

Un *ţesut* este o grupare sau o asociaţie de *celule* care au aceeași origine, aceeași formă, aceeași structură și aceleași funcţii.

Aceste grupări de celule, la ţesuturile veritabile îndeplinesc trei cerinţe :

a — sînt legate între ele prin plasmodesme, formînd astfel o *unitate anatomică* permanentă, trainică ;

b — sînt specializate, adică adaptate la îndeplinirea unei anumite funcţii, constituind astfel o *unitate fiziologică* ;

c — sînt interdependente, subordonate unităţii organismului din care fac parte.

Dacă una singură din aceste cerinţe nu este îndeplinită, gruparea de celule nu constituie un ţesut adevărat, ci un cenobiu, o colonie sau cel mult un ţesut fals.

Ţesuturile se formează, în general, prin asociere de celule libere (ex. *Pediastrum, Volvox*) ; împletire de filamente (ca la plectenchim : ciuperci și licheni) ; diviziune, pornind de la o celulă (celula ou) sau mai multe celule iniţiale, așa cum se formează toate ţesuturile propriu-zise.

O trăsătură proprie a ţesuturilor adevărate o constituie prezenţa „spaţiilor intercelulare", despre care se dau în continuare cîteva noţiuni înainte de prezentarea mai pe larg a clasificării și descrierii ţesuturilor vegetale.

Într-un ţesut foarte tînăr, meristematic, toate celulele sînt alipite unele de altele, nelăsînd între ele spaţii libere (lipsa spaţiilor aerifere caracterizează însă și unele ţesuturi definitive : mecanice, conducătoare, protectoare). Mai tîrziu, în celulele pe cale de diferenţiere, presiunea vacuolară exercită asupra pereţilor celulari o forţă care tinde să rotunjească celulele ; lamela mediană se rupe sau se lichefiază, iar peretele primar al fiecărei celule se rotunjește la colţuri, determinînd formarea unor spaţii libere, mici, intercelulare, numite *meaturi ;* acestea sînt mult mai mici decît celulele înconjurătoare, cu aspect triunghiular sau romboidal în secţiune transversală.

Lacunele sînt cavităţi intercelulare mai mari decît meaturile și provin din confluenţa a două sau mai multe meaturi alăturate sau din distrugerea unor celule din componenţa unui ţesut (ex. lacunele din frunze etc.).

Spaţiile intercelulare mari, care străbat organul în toată lungimea sa, se numesc *canale* (ex. canalele rezinifere din frunza și lemnul multor conifere etc.).

Meaturile și lacunele formează spații în care se acumulează și are loc circulația gazelor.

În organele plantelor pot exista însă și spații pline cu apă sau alte substanțe (rășini, taninuri, uleiuri eterice etc.).

Spațiile intercelulare menționate au mod de formare diferențiat; se deosebesc astfel trei feluri de formare a spațiilor intercelulare:

1. *Schizogen*, cînd celulele embrionare se transformă în celule definitive. În acest caz are loc despicarea lamelei mediane și ca o consecință,

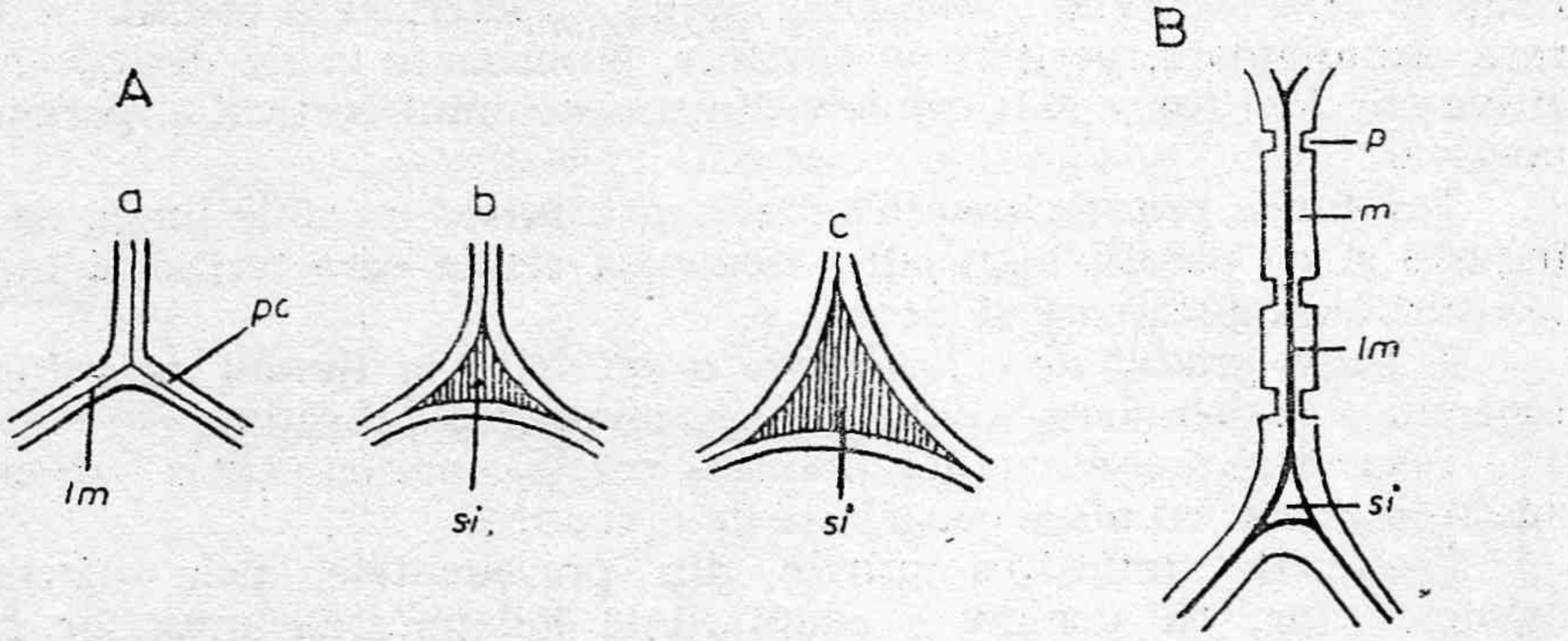


Fig. 22. Schema diferențierii schizogene a unui spațiu intercelular (*A* : *a*—*c*) și localizarea spațiilor intercelulare (*B*) :

lm — lamelă mijlocie; *m* — membrană primară; *p* — punctuație simplă; *pc* — perete celular; *si* — spațiu intercelular (*A* : după K a u s s m a n n; *B* : după I. G r i n ț e s c u).

dezlipirea pereților celulelor vecine; despicarea începe din colțurile celulelor învecinate și se continuă pe laturile acestora (fig. 22). În acest fel se formează meaturile, ostiolele stomatelor, buzunarele sau pungile glandulare din frunza de *Hypericum perforatum* sau din frunza și fructul diferitelor specii de *Citrus*.

2. *Lisigen*, cînd are loc dizolvarea (lichefierea) peretelui de la una sau mai multe celule, proces care se desfășoară pe măsură ce planta crește. Un exemplu în acest sens îl constituie formarea pungilor sau cavităților intercelulare, secretoare din frunza de *Dictamnus albus* (frăsinel).

Spațiile intercelulare se mai pot forma și pe cale *schizo-lisigenă*, așa cum este cazul lacunelor acvifere din fasciculele libero-lemnoase ale gramineelor (ex. *Zea mays*-porumb).

3. *Rexigen*, cînd formarea spațiilor intercelulare are loc prin ruperea și distrugerea pereților unor celule de la periferia și centrul tulpinii. Acest proces se datorește întinderii la care sînt supuse organele în timpul creșterii lor (ex. la *Umbelliferae*, *Compositae*, *Labiatae*, *Ranunculaceae*, la care canalele mari din tulpini se formează pe această cale).

Ca și în cazul precedent, formarea spațiilor intercelulare poate avea loc și pe cale *schizo-rexigenă*, deci într-un mod combinat.

3.3. CLASIFICAREA ȚESUTURILOR

Nu există pînă în prezent un sistem unitar de clasificare a țesuturilor. În virtutea obișnuinței este folosită clasificarea în care se ține seama de forma celulelor, diferențierea și funcțiile acestora. O asemenea clasificare este următoarea :

1. După *forma celulelor*, independent de structură, origine și funcții, țesuturile pot fi parenchimatice și prozenchimatice.

Țesuturile parenchimatice sînt constituite din celule mai mult sau mai puțin izodiametrice, cu pereții subțiri sau îngroșați, celulozici sau modificați în mod secundar ; asemenea celule caracterizează țesuturile de apărare, asimilatoare, aerifere și acvifere, absorbante și de depozitare, senzitive etc. Mai tipice sînt celulele din parenchimul cortical și parenchimul medular.

Țesuturile prozenchimatice sînt constituite din celule lungi, de regulă înguste și cu pereții îngroșați ; asemenea celule caracterizează îndeosebi țesuturile conducătoare și mecanice.

2. După *gradul de diferențiere a celulelor* în timpul dezvoltării ontogenetice se deosebesc țesuturi meristematice și definitive.

Țesuturile meristematice prezintă celule nediferențiate, adesea fără spații între ele, cu mare capacitate de diviziune.

Țesuturile definitive provin din precedentele, prin diferențierea celulelor lor, ca urmare a adaptării la îndeplinirea anumitor funcții ; în general aceste celule își pierd capacitatea de a se divide. Nu întotdeauna țesuturile definitive sînt omogene, constituite din elemente foarte asemănătoare între ele (așa cum rezultă din definiția dată mai sus) ; este mai ales cazul țesuturilor conducătoare, în alcătuirea cărora, pe lîngă vase, intră și celule de parenchim (liberian și lemnos) și fibre mecanice (liberiene și lemnoase).

3. După *origine* se deosebesc țesuturi primare și secundare.

Țesuturile definitive ale organelor cu structură primară provin din activitatea meristemelor primare.

Țesuturile definitive ale organelor cu structură secundară au dublă origine : unele provin din activitatea meristemelor primare, altele din activitatea meristemelor secundare.

4. După *prezența sau absența conținutului viu* din celule se deosebesc țesuturi vii și moarte ; în ultima categorie intră celulele definitive, mature ale suberului, vasele de lemn, elementele de sclerenchim etc.

5. După *particularitățile anatomo-fiziologice* și *genetice* țesuturile vegetale se împart în următoarele categorii : meristematice, protectoare, absorbante, asimilatoare, de depozitare, aerifere, secretoare și glandulare, mecanice, conducătoare și de transfuzie, senzitive și de mișcare.

În cea mai mare parte, țesuturile amintite mai sus se încadrează în clasificarea propusă de H a b e r l a n d t în 1884 ; el împarte țesuturile vegetale în 12 categorii, dintre care pe unele le consideră țesuturi, pe altele sisteme și pe altele organe. Ținînd seama de faptul că unele țesuturi din schema de clasificare propusă de H a b e r l a n d t îndeplinesc aceleași funcții (de nutriție), unii autori, printre care R. S o u è g e s, I. C i o b a n u, I. T. T a r n a v s c h i ș.a., grupează țesuturile absorbante, asimilatoare, de depozitare și aerifere sub denumirea generală de țesuturi fundamentale, trofice sau parenchimatice.

În cele ce urmează, clasificarea ce o adoptăm este aceea care împarte țesuturile vegetale în două mari grupe, țesuturi meristematice sau embrionare și țesuturi definitive.

TABELUL I

Clasificarea țesuturilor vegetale

A. *Țesuturi meristematice, embrionare, formatoare sau de origine*

- a) primordiale (promeristeme)
  - — fără celule inițiale
  - — cu o celulă inițială
  - — cu mai multe celule inițiale
- b) primare
  - apicale
    - — dermatogen — protoderm
    - — periblem — meristem fundamental
    - — plerom — procambiu (desmogen)
    - — caliptrogen
  - intercalare (restante sau reziduale)
  - laterale
    - — cambiul intrafascicular
    - — pericambiul
- c) secundare
  - — cambiul
  - — felogenul
- d) meristemoide

B. *Țesuturi definitive*

- a) țesuturi trofice
  - — asimilatoare (clorenchimuri)
  - — de depozitare
    - — pentru substanțe organice
    - — pentru apă (acvifere)
    - — pentru aer (aerifere)
  - — de absorbție
- b) țesuturi apărătoare
  - — primare
    - — țesuturi și formațiuni epidermice
      - — epidermă
      - — rizodermă
      - — stomate
      - — peri tectori
      - — emergențe
    - — țesuturi suberoase
      - — exodermă
      - — endodermă
  - — secundare
    - — suber
    - — ritidom
- c) țesuturi mecanice (de susținere)
  - — colenchim
    - — angular
    - — tabular
    - — lacunar
  - — sclerenchim
    - — sclereide (sclerenchim scleros)
    - — fibre sclerenchimatice (sclerenchim fibros)

- d) țesuturi conducătoare
  - — țesut lemnos
    - — traheide, trahee (vase)
    - — parenchim lemnos
    - — fibre lemnoase (libriforme)
  - — țesut liberian
    - — tuburi ciuruite (vase liberiene)
    - — celule anexe
    - — parenchim liberian
    - — fibre liberiene
- e) țesuturi de transfuzie
- f) țesuturi excretoare (în sens larg)
  - g) țesuturi secretoare (excretoare în sens restrîns)
    - — celule secretoare izolate (idioblaste)
      - — celule cu mucus (mucilagigene)
      - — celule cu uleiuri eterice (oleifere)
      - — celule cu tanin (taninifere)
      - — celule cu oxalat de calciu (oxalifere)
      - — celule cu răşini (rezinifere)
      - — celule cu alcaloizi
      - — celule cu carbonat de calciu (litociste)
    - — celule fuzionate
      - — laticifere nearticulate
        - — neramificate
        - — ramificate
      - — laticifere articulate
        - — neanastomozate
        - — anastomozate
  - h) țesuturi glandulare
    - — externe (epidermice)
      - — peri glandulari
      - — papile glandulare
        - — simpli
        - — complecşi
        - — masivi
      - — hidatode
        - — active
        - — pasive
      - — glande digestive
      - — osmofori
      - — glande nectarigene
        - — florale
        - — extraflorale
    - — interne (parenchimatice)
      - — buzunare glandulare
        - — schizogene
        - — schizolisigene
        - — lisigene
      - — canale glandulare
- i) țesuturi speciale
  - — senzitive
    - — aparatul statolitic
    - — organe senzoriale „tactile“
    - — formaţiuni „optice“
  - — de separaţie

Luînd în considerare clasificarea ţesuturilor în felul prezentat în tabel, descrierea mai mult sau mai puţin detaliată, după necesitatea expunerii cu scop didactic, va începe cu ţesuturile meristematice, denumite şi embrionare, formatoare sau de origine.

3.4. ŢESUTURI MERISTEMATICE

3.4.1. ŢESUTURI MERISTEMATICE PRIMORDIALE

Acestea iau naştere în urma diviziunii celulei ou, alcătuind la început embrionul nediferenţiat şi prezintă punctul de plecare al formării organelor plantei. Fiind ţesuturi ce iau naştere în faza iniţială, mai poartă numele de *promeristeme*. Celulele ce le alcătuiesc sînt relativ mici, izodiametrice (cubice sau poliedrice), tabulare sau prismatice, cu citoplasmă bogată şi nucleu voluminos, fără substanţe de rezervă şi de regulă fără plastide colorate, cel mai adesea fără vacuole distincte la microscopul fotonic şi fără punctuaţii vizibile, de obicei fără meaturi între ele, cu pereţii celulozici subţiri, cu mare capacitate de diviziune.

Ţesuturile meristematice primordiale sînt împărţite la rîndul lor în trei grupe, după cum posedă sau nu celule iniţiale. Astfel, după forma şi numărul celulelor iniţiale se poate face următoarea clasificare, cu exemplificările respective :

3.4.1.1. PROMERISTEME FĂRĂ CELULE INIŢIALE

Se întîlnesc în corpul talofitelor de formă sferică, de placă mai mult sau mai puţin circulară sau de disc, care cresc prin toate celulele marginale şi în acest caz se vorbeşte de „promeristeme fără iniţiale".

3.4.1.2. PROMERISTEME CU O SINGURĂ CELULĂ INIŢIALĂ

Se găsesc la plantele inferioare din grupul algelor, la muşchi, iar dintre cele superioare la ferigi. Forma celulei iniţiale poate fi variată : lenticulară, bifacială, trifacială, tetrafacială şi pentafacială. La *Halopteris filicina*, o algă brună din grupa *Phaeophyceae*, în vîrful cauloidului (un „organ" analog tulpinii), precum şi a ramurilor acestuia, se află o singură celulă iniţială care se divide numai transversal, iar celulele ce rezultă din aceasta se pot divide apoi şi longitudinal (fig. 23, D).

La *Bryophyta*, ca de exemplu la *Metzgeria furcata*, celula iniţială este bilaterală şi are forma unei lentile care se divide prin pereţi încli-

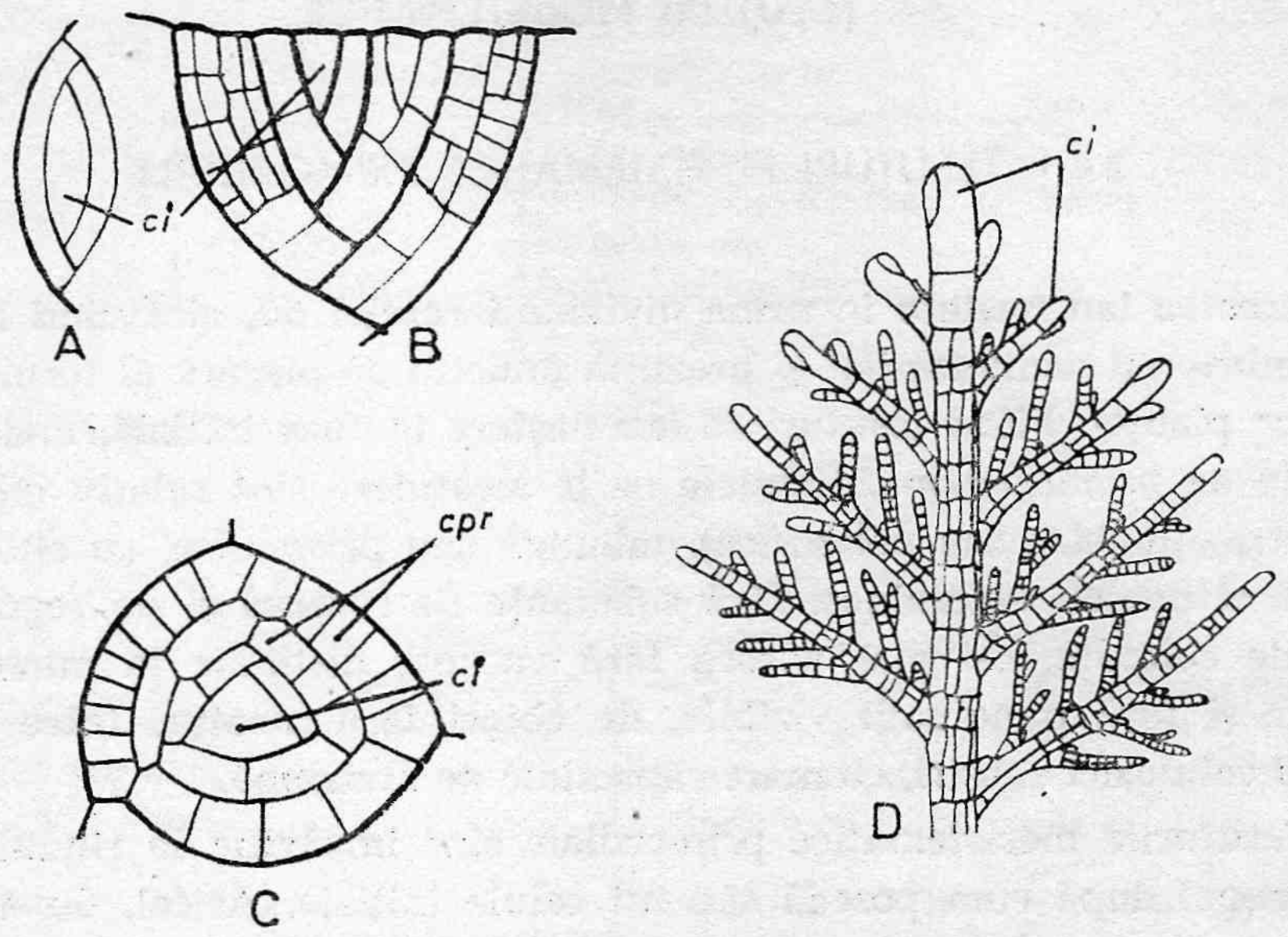


Fig. 23. Schema alcătuirii vîrfului vegetativ :

A, B — Metzgeria furcata (*A* — celulă inițială bilaterala, cu primele două descendente văzute apical; *B* — vedere din față, în momentul ramificării); *C — Pteris sp.* (secțiune transversală prin apexul radicular); *D — Halopteris filicina* (celule inițiale în vîrful cauloidului și a ramurilor acestuia); *ci* — celulă inițială; *cpr* — celule ale promersitemului (*A, B, D:* după S t r a s b u r g e r; *C:* după I. M o r a r i u).

naţi în două direcţii, dînd naștere talului (fig. 23, A, B). La speciile de *Blasia* celula inițială are cinci fețe.

La *Pteridophyta* celula inițială are forma unei piramide triunghiulare, dispusă cu baza spre vîrful organelor axiale (fig. 23, C). Diviziunea unei astfel de celule are loc în trei direcţii, pe fețele laterale ale acesteia formîndu-se trei șiruri de celule, din care prin diviziune mai departe se va forma materialul necesar întregului corp al plantei. De asemenea, trebuie menţionat că și pe partea ei apicală, adică bazală, celula inițială se divide producînd celulele ce vor constitui mai tîrziu, la rădăcină, caliptrogenul.

3.4.1.3. PROMERISTEME CU MAI MULTE CELULE INIȚIALE

Se întîlnesc atît la *Gymnospermae* cît și la *Angiospermae*, în vîrful rădăcinii și tulpinii. Celulele inițiale pot fi dispuse alături, suprapuse sau în același timp și alăturate și suprapuse.

La *Gymnospermae* sînt două grupe de celule inițiale, dintre care cele din grupa internă, prin diviziuni alternativ periclinale, adică paralel cu suprafaţa și anticlinale, adică perpendicular față de suprafață, formează masa principală a corpului rădăcinii ; prin diviziunile periclinale ale celulelor inițiale din grupa externă se formează țesutul cortical și caliptra. În vîrful tulpinii există mai multe celule inițiale echivalente,

care se pot divide atît anticlinal, cît și periclinal. La unii reprezentanți mai evoluați dintre *Gymnospermae*, ca de exemplu *Sequoia sempervirens*, dintre celulele dispuse în vîrful tulpinii grupul cel mai intern de inițiale se divide anticlinal și periclinal, iar cele din etajul superior numai anticlinal (fig. 24).

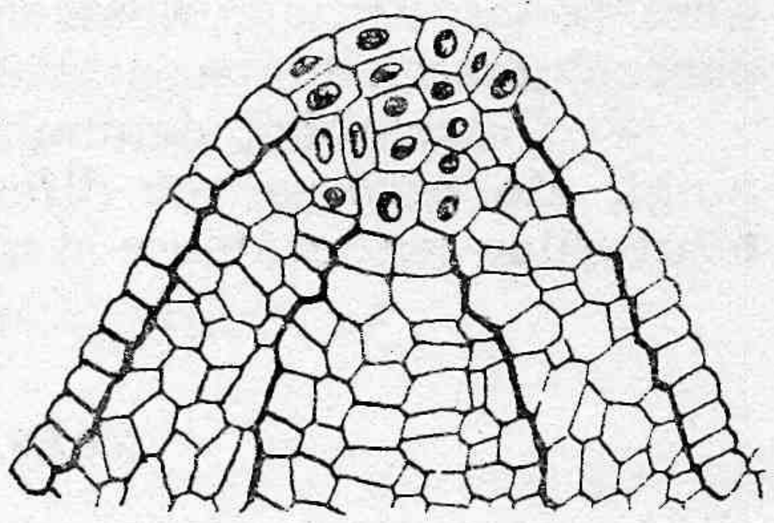


Fig. 24. Celule inițiale din vîrful vegetativ al tulpinii de *Sequoia sempervirens* (după Strasburger).

La *Angiospermae*, în vîrful rădăcinii se află trei grupe de celule inițiale stratificate, din diviziunea cărora rezultă în mod diferit, la diversele grupe sistematice, țesuturile definitive. La toate angiospermele, în vîrful tulpinii există mai multe celule inițiale, care sînt dispuse în mai multe etaje și care se divid asemănător celor de la *Sequoia sempervirens*.

3.4.2. ȚESUTURI MERISTEMATICE PRIMARE

Aceste țesuturi, denumite și semimeristeme, sînt caracteristice embionului mai diferențiat și sînt numite astfel datorită originii lor, deoarece iau naștere din promeristeme. Aceste țesuturi sînt constituite din celule ceva mai mari decît cele ale promeristemelor, slab vacuolizate și caracterizate printr-o mare capacitate de diviziune. Dintre meristemele primare se cunosc trei categorii : apicale, intercalare și laterale.

3.4.2.1. MERISTEME APICALE

În vîrfurile organelor în creștere și a ramificațiilor lor se află *meristemele apicale*, care după mulți autori constituie cele trei foițe histogene. Hanstein consideră chiar că în vîrful organelor axiale și mai ales a rădăcinii celulele promeristemului se dispun în cele trei foițe histogene și anume : *dermatogenul*, din care se diferențiază rizoderma, *periblemul*, care dă naștere la scoarță și *pleromul* din care se formează cilindrul central ; la rădăcină se află încă un al patrulea meristem, denumit *caliptrogen* și din care se diferențiază caliptra.

Haberlandt nu consideră aceste foițe histogene drept meristeme apicale primare, ci că din ele se diferențiază mai spre vîrf meristemele propriu-zise primare, apicale și anume :

— *Protodermul*, reprezintă pătura externă a vîrfului vegetativ, alcătuită din celule cu o dispoziție ordonată și care prin diferențiere celulară și diviziune anticlinală se transformă în epidermă și rizodermă.

— *Meristemul fundamental*, urmează după protoderm și reprezintă masa fundamentală a vîrfului vegetativ. Acesta este alcătuit din celule izodiametrice, care se divid în toate direcțiile, dînd naștere prin diferen-

ţiere la ţesuturile fundamentale sau trofice, reprezentate prin ţesuturile parenchimatice din scoarţă şi măduvă.

— *Procambiul*, denumit şi *desmogen*, este alcătuit din celule relativ lungi, din care se vor diferenţia celulele prozenchimatice caracteristice ţesuturilor conducătoare şi mecanice.

3.4.2.2. MERISTEME INTERCALARE

Această denumire este dată unei regiuni din ţesuturile primare definitive, în care multiplicarea celulelor şi creşterea acestora sînt foarte active ; termenul „intercalar“ arată că aceste meristeme sînt cuprise între două zone de ţesuturi diferenţiate. Există o diferenţă esenţială între meristemele intercalare şi cele apicale : un apex de tulpină sau de rădăcină produce în acelaşi timp celule care se diferenţiază şi altele care vor regenera meristemul ; dimpotrivă, meristemele intercalare sînt sortite să se diferenţieze în totalitatea lor.

Meristemele intercalare se găsesc la multe monocotiledonate, fiind alcătuite din grupe de celule situate la baza internodiilor ; la nivelul apexului nu există internodii ; acestea se formează numai după aceea, prin diviziunea şi creşterea celulelor situate la baza inserţiilor foliare. La început toate celulele se divid, însă mai tîrziu această activitate mitotică se limitează la regiunea bazală a internodului, care constituie astfel meristemul intercalar.

Caracterele citologice ale meristemelor intercalare sînt încă puţin cunoscute L e s h e m arată că la *Hordeum bulbosum* — orz, celulele meristemului intercalar sînt lungi şi aplatizate, cu nucleu voluminos şi 1—2 vacuole mari ; citoplsma este împinsă spre nucleu şi spre perete ; ribozomii sînt numeroşi ; mitocondriile, sferice sau ovoide, au creste destul de bine dezvoltate ; plastidele, ovale sau alungite, conţin cîţiva saculi izolaţi şi puţine grăuncioare de amidon ; dictiozomii, formaţi din 4—6 saculi, prezintă o activitate secretoare netă, iar reticulul endoplasmatic este punctat de ribozomi. Rezultă deci că aceste celule au caractere intermediare între celulele meristematice aplicale (bogate în ribozomi, cu mitocondrii mici) şi celulele mai diferenţiate (cu vacuole mari şi plastide amilifere). Din acest punct de vedere ele amintesc puţin de celulele meristemului medular. Funcţionarea meristemelor intercalare depinde de substanţele de creştere produse de frunzele superioare.

3.4.2.3. MERISTEME LATERALE

Aceste meristeme sînt tot reziduale şi contribuie la creşterea în grosime a rădăcinii şi tulpinii, atît la plantele lemnoase, cît şi la multe plante perene dintre cele ierboase. Meristemele laterale se prezintă sub formă de cordoane şi ca exemplu citǎm *cambiul intrafascicular* ; acesta provine din procambiu, este prezent între liberul şi lemnul fasciculelor conducătoare complet formate, din structura primară şi constituie baza de plecare pentru

creşterea secundară în grosime a tulpinilor ; la rădăcină este *pericambiul*, care se diferenţiază în *periciclu* şi care serveşte, în mod similar, ca bază de plecare pentru formarea rădăcinilor secundare.

3.4.3. ŢESUTURI MERISTEMATICE SECUNDARE

Aceste meristeme sînt tot laterale ca poziţie, dar iau naştere din celule definitive sau adulte, care capătă proprietatea de a se divide, devenind astfel din nou tinere, adică celule embrionare. Astfel de ţesuturi au celule de formă alungită (prozenchimatică) şi cu vacuole mari în interior ; nu se găsesc niciodată în vîrfurile vegetative. Meristemele secundare sînt reprezentate prin cambiu şi felogen.

Cambiul. Este prezent la gimnosperme şi majoritatea dicotiledonatelor. Se formează pe seama procambiului (cambiul intrafascicular din structura primară) sau în mod secundar, pe seama parenchimului razelor medulare (cambiul interfascicular) ; este caracterizat prin prezenţa a două feluri de celule : unele *scurte* (iniţiale scurte sau radiare), de 10—30 μ, grupate în şiruri sau masive de contur lenticular în secţiune tangenţială şi care dau naştere razelor de floem şi de xilem secundar ; altele *lungi* (iniţiale fusiforme), mai mult sau mai puţin ascuţite la capete, grosimea lor depăşind rareori 5 μ, iar lăţimea 20 μ. Grosimea lor variază puţin cu vîrsta organului, în timp ce lăţimea se poate dubla sau tripla în trunchiurile bătrîne.

Lungimea iniţialelor fusiforme este mult mai variabilă (atingînd 900 μ la *Sequoia*), scăzînd paralel cu evoluţia plantelor (200 μ la *Robinia)*. Un alt caracter ce ţine de evoluţia speciilor este etajarea cambiului, adică iniţialele fusiforme sînt dispuse în etaje orizontale regulate ; astfel de cambiu etajat caracterizează anumite dicotiledonate cu ţesuturi conducătoare vizibil specializate (ex. *Robinia, Sterculia* ş.a.) ; la alte dicotiledonate şi la gimnosperme cambiul nu este etajat, iniţialele fusiforme fiind dispuse neregulat.

Caracterele ultrastructurale ale celulelor cambiale în perioada de activitate. Faţă de celulele meristemelor primare, celulele cambiului sînt vizibil vacuolizate, deci par mai „diferenţiate".

În *iniţialele fusiforme* citoplasma este redusă la o pătură parietală. Vacuola este traversată de numeroase trabecule citoplasmatice. Nucleul atinge 22 μ lungime (ex. *Acer pseudoplatanus)* şi conţine 1—5 nucleoli. Citoplasma are numeroşi ribozomi, iar reticulul endoplasmatic este de tip rugos. Dictiozomii sînt numeroşi ca şi mitocondriile, iar aspectul plastidelor variază mult.

Iniţialele radiare se deosebesc prin nuclei mai mari, cu 1—2 nucleoli şi prin plastide mai diferenţiate.

Evoluţia celulelor cambiale, plecînd de la meristemele primare. Originea cambiului este dublă atît în tulpină, cît şi în rădăcină. În *tulpină*, cambiul intrafascicular se formează din celulele procambiale care persistă între liberul şi lemnul primar al fasciculelor conducătoare de tip colateral deschis. De aceea am citat mai sus cambiul intrafascicular şi printre meristemele laterale primare, la sfîrşitul creşterii primare în

grosime a tulpinii. Arcurile cambiale intrafasciculare sînt legate între ele prin parenchim interfascicular, care va forma mai tîrziu cambiul interfascicular. În *rădăcină* cambiul provine — în cea mai mare parte — din celulele procambiale care mărginesc față internă a celulelor liberiene ; la nivelul polilor lemnoși, în contact cu periciclul, nu mai rămîne nici o celulă procambială și în acest caz celulele periciclului sînt cele care vor da o parte din cambiu.

În timpul trecerii de la celulele procambiale la cele cambiale se petrec următoarele procese : cresc progresiv dimensiunile celulelor, devin frecvente diviziunile transversale, se schimbă forma celulelor (din dreptunghiulare devin fusiforme). Aceste modificări morfologice sînt însoțite de o vacuolizare progresivă, ajungîndu-se la o vacuolă centrală mare în celulele cambiale. La nivelul organitelor celulare au loc puține schimbări.

Toate aceste modificări morfo-structurale și de talie sînt atît de treptate încît este, adesea, greu de precizat limita dintre procambiu și cambiu, ceea ce și motivează denumirea de cambiu intrafascicular încă din structura primară definitivă. Se poate spune că, practic, cambiul există din momentul în care el prezintă cele două categorii de inițiale caracteristice : lungi, fusiforme și scurte, radiare (fig. 25).

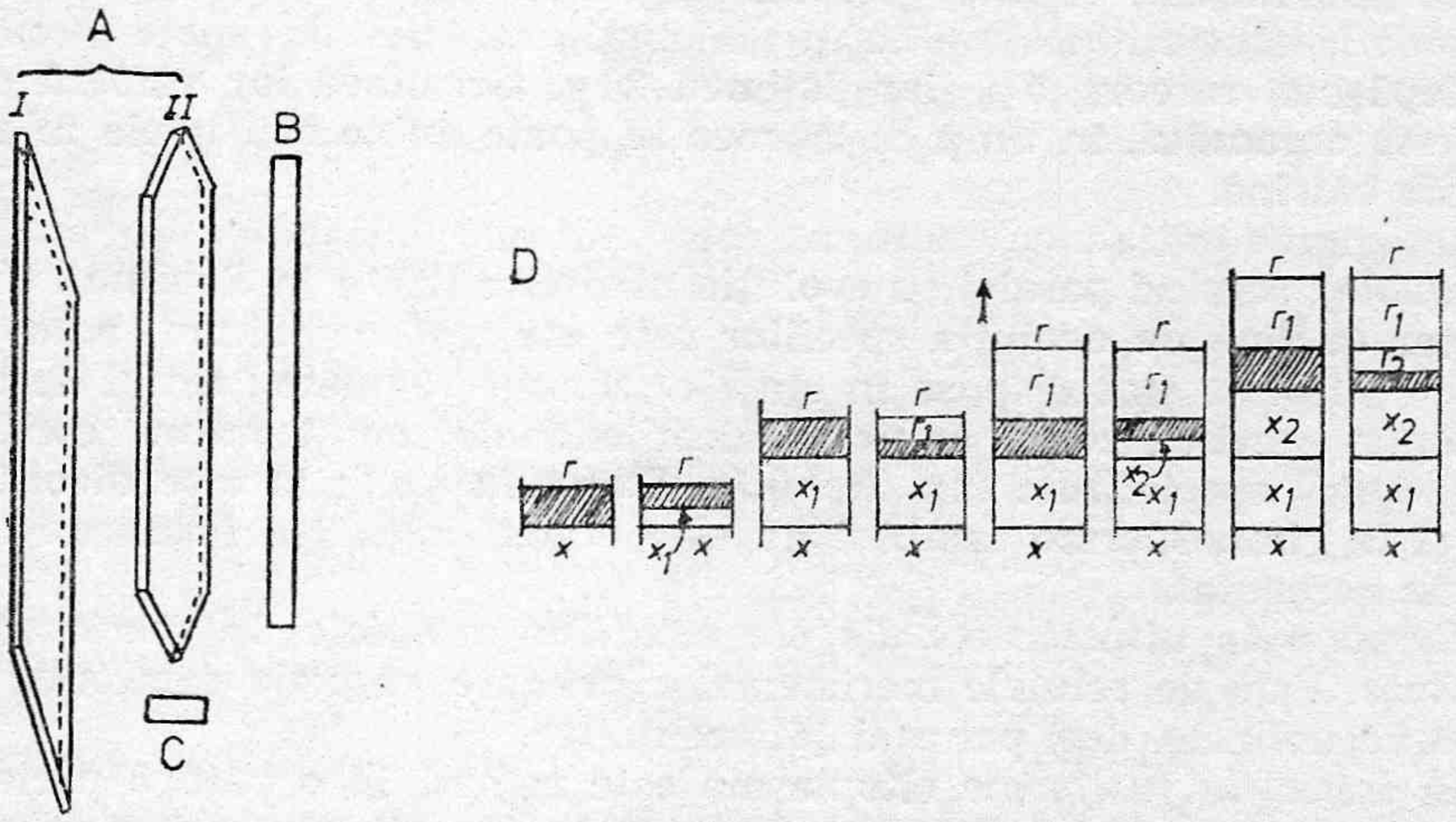


Fig. **25.** Reprezentarea schematică a formei unor celule cambiale :
A_I și A_{II} : formele cele mai frecvente, în secțiune longitudinală; *B* — în secțiune radiară; *C* — în secțiune transversală; *D* — schema diviziunii celulelor cambiale (hașurate), în secțiune transversală : *r*, r_1, r_2 — descendente liberiene; *x*, x_1, x_2 — descendente lemnoase (după Strasburger).

Inițialele cambiului se divid periclinal, rezultînd celule care se vor diferenția în liber secundar (spre exterior) și lemn secundar (spre interior). Din cînd în cînd au loc și diviziuni anticlinale, care asigură mărirea circumferinței inelului cambial. Tot pe seama cambiului (în tulpină numai pe seama celui interfascicular) iau naștere și razele medulare secundare.

Felogenul (cambiul subero-felodermic). Se formează la periferia tulpinilor sau a rădăcinilor, din țesuturi deja diferențiate. Din activitatea

felogenului rezultă spre exterior *suber*, iar spre interior *feloderm*. La majoritatea plantelor lemnoase epiderma nu este decît tranzitorie ; la plantele mai în vîrstă ea este înlocuită de un *periderm* (ansamblu format din felogen și derivatele sale : suber și feloderm). Felogenul poate să nu funcţioneze decît un timp limitat, apoi să se exfolieze şi să fie înlocuit periodic de o pătură neoformată, mai internă. Pot coexista, de asemenea, mai multe straturi concentrice situate la diferite niveluri, pînă la cambiu.

Diferenţierea celulelor de felogen își are originea în zone anatomice diferite, ca de exemplu în epidermă, scoarţă sau chiar în cilindrul central (cum ar fi, de exemplu, în periciclu sau în liber) ; de asemenea, se mai formează în zonele de separare a frunzelor și fructelor, din activitatea căruia rezultă un suber de cicatrizare.

În mod obișnuit, în secţiunea transversală prin organul în care se formează felogenul, acesta are un aspect inelar, iar în cazuri mai rare poate avea o formă mai neregulată. Celulele felogenului sînt alungite tangenţial, de formă dreptunghiular-prismatică ; caracteristica primelor straturi de celule ce rezultă din felogen este dispoziţia în şiruri radiare. Adeseori felogenul se diferenţiază pe seama celulelor subepidermale și iniţial este unistratificat. Paralel cu mărirea dimensiunilor organelor, prin creșterea acestora, se formează noi straturi de felogen, în ţesuturile mai profunde faţă de felogenul diferenţiat în stratul epidermal.

Cu privire la activitatea unei celule cambiale sau felogenice, trebuie subliniat că la început aceasta se divide în două printr-un perete transversal. Rezultă astfel două celule, dintre care cea dinspre interior continuă să crească pînă la dimensiunea celulei-mamă, din care s-a format divizîndu-se identic ca prima celulă. De data aceasta apar trei celule etajate, dintre care cea mijlocie continuă să genereze noi celule. Procesul de diviziune continuă în același mod și astfel se formează noi straturi de celule dispuse radiar.

Primele straturi de celule formate sînt mereu îndepărtate de zona generatoare propriu-zisă și în același timp trebuie reţinut faptul că întotdeauna din activitatea zonei subero-felodermice rezultă suber spre exterior (în cantitate mai mare) și feloderm spre interior (în cantitate mai redusă).

3.4.4. ŢESUTURI MERISTEMOIDE

Denumirea de *meristemoide* este dată unor ţesuturi care în timpul dezvoltării plantei se comportă diferit de ţesuturile meristematice propriu-zise, adică în timp ce acestea din urmă au o activitate de diviziune celulară continuă, meristemoidele se caracterizează prin alternanţa de faze de diviziune celulară activă și de repaus a acestei activităţi. Ţesuturile meristemoide sînt capabile să reia activitatea primară după o pauză trecătoare.

Părţile din ţesuturi cu activitate meristematică intensă dau naștere frunzelor din vîrful tulpinii sau radicelelor din periciclul rădăcinii principale. Pe baza activităţii meristemoidelor, care de obicei sînt localizate la nivelul ţesutului de protecţie, se formează perii tectori și glan-

dulari, perii absorbanţi, stomatele, hidatodele etc. ; frînarea activităţii meristematice, cauzată de prezenţa meristemoidelor, are ca efect faptul că perii sau stomatele nu se formează în mod nelimitat pe toată suprafaţa epidermei. Adeseori, în jurul meristemoidelor se formează zone de blocaj sau cîmpuri de inhibare, ale căror cauze fiziologice nu sînt încă cunoscute. Se pare că acest blocaj determină formarea unor principii active deosebit de importante pentru desfăşurarea procesului de diferenţiere la plante.

Aşadar, epiderma frunzei trece printr-un şir de procese de diferenţiere, ce se succed şi care conduc la formarea pronunţată de *centre meristemoide ;* acestea, la rîndul lor, determină formarea epidermei inferioare şi superioare ; alte meristemoide determină formarea nervurilor, iar uneori a liberului şi a lemnului din cilindrul central al tulpinii.

3.5. ŢESUTURI DEFINITIVE

Din ţesuturile meristematice, fie primare, fie secundare, iau naştere ţesuturile definitive, adulte sau permanente, care, după funcţiile pe care le îndeplinesc şi după origine, se clasifică în mai multe categorii. Ele se deosebesc de ţesuturile meristematice prin aceea că celulele nu mai prezintă acea capacitate de diviziune continuă, conţin mai puţină citoplasmă, în schimb au vacuole mari. Pereţii celulari suferă, în cele mai multe cazuri, o serie de modificări chimice secundare.

3.5.1. ŢESUTURI TROFICE SAU FUNDAMENTALE (parenchimuri)

Aceste ţesuturi parenchimatice sînt clasificate în trei grupe principale : asimilatoare, de depozitare şi de absorbţie.

3.5.1.1. PARENCHIMURI ASIMILATOARE

Se mai numesc şi clorenchimuri, avînd celule cu cloroplaste, funcţia lor principală fiind fotosinteza sau asimilaţia clorofiliană, proces în urma căruia rezultă hidraţi de carbon. Trebuie menţionat însă că nu toate celulele ce conţin cloroplaste alcătuiesc un ţesut asimilator, chiar dacă pe lîngă alte funcţii ele îndeplinesc şi pe cea de fotosinteză (aşa sînt celulele profunde ale scoarţei arborilor, celulele stomatice).

La cele mai multe plante superioare *frunza* este organul specializat pentru fotosinteză, ea conţine ţesuturi asimilatoare specializate (clorenchimuri). Sînt mai rare cazurile cînd, din cauza frunzelor reduse sau metamorfozate, numai tulpina conţine ţesuturi asimilatoare (ex. *Ephedra, Cyperus, Juncus* (fig. 26, A, B) multe *Cactaceae* şi *Euphorbiaceae* cactiforme). La multe plante ierboase (*Chenopodiaceae, Umbelliferae, Compositae* etc.), ţesuturile asimilatoare sînt prezente atît în frunze, cît şi în

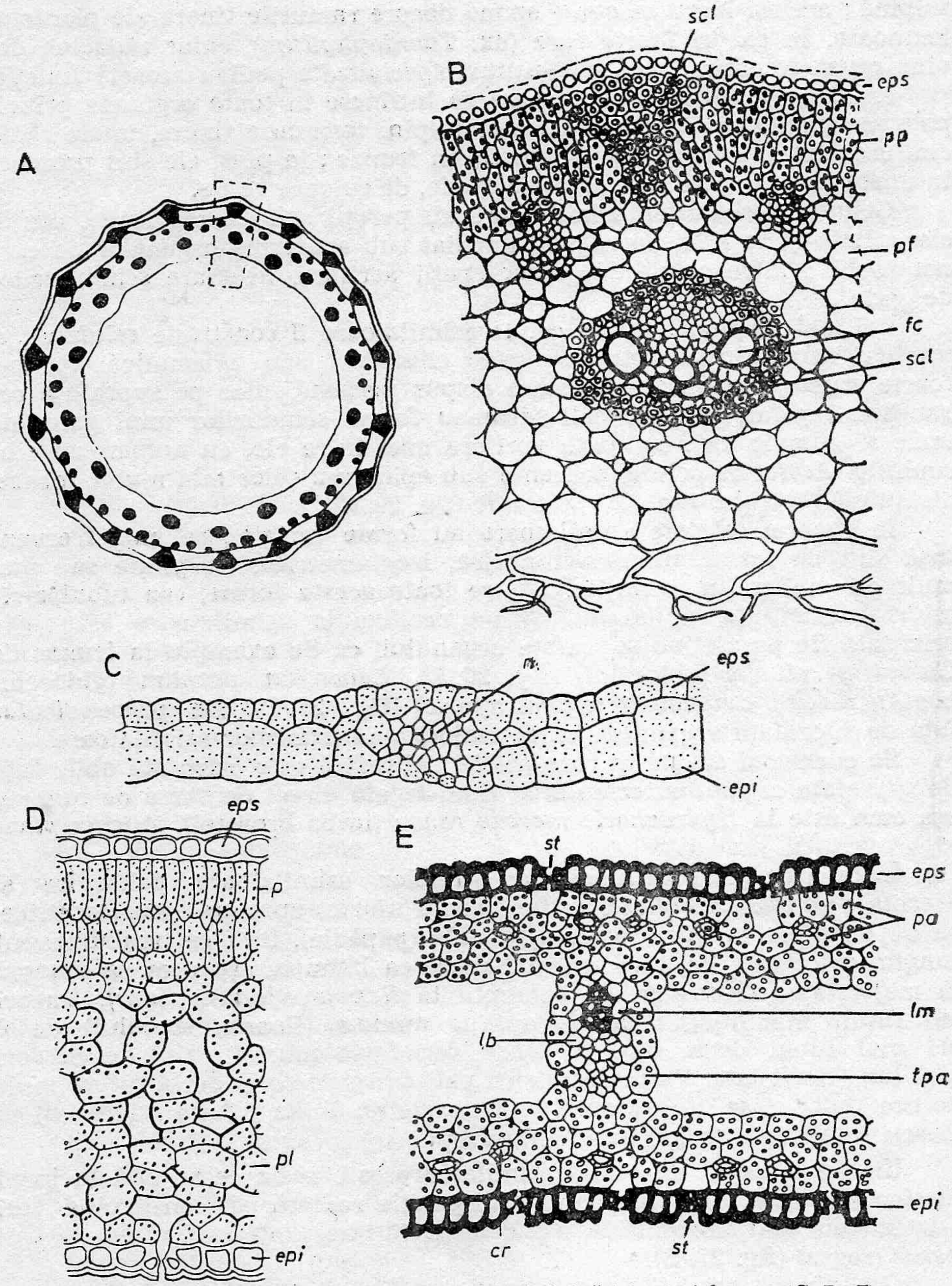


Fig. 26. Structura țesutului asimilator în tulpină (*A*, *B*) și frunze (*C*, *D*, *E*) :

A, *B* — *Juncus effusus* (secțiune transversală); atît în schemă (*A*), cît și în detaliu (*B*) se vede că în scoarță alternează țesut asimilator cu țesut mecanic; *C* — *Elodea canadensis* (secțiune transversală); *D* — *Prunus laurocerasus* (secțiune tranversală); *E* — *Galanthus nivalis* (secțiune transversală); *cr* — cristal de oxalat de calciu; *epi* — epidermă inferioară; *eps* — epidermă superioară; *fc* — fascicul conducător; *lb* — liber; *lm* — lemn; *n* — nervură; *pa* — parenchim asimilator; *pf* — parenchim fundamental; *pl* — parenchim lacunar; *pp* — parenchim palisadic; *scl* — sclerenchim; *st* — stomată; *tpa* — teacă parenchimatică (*A*, *B*, *E* : după Sárkány și Szalai; *C* : după Poplavskaia; *D* : după I. Grințescu).

tulpină ; acelaşi lucru se poate spune despre ramurile tinere ale plantelor lemnoase. În cazuri foarte rare (ex. *Taeniophyllum*), chiar rădăcina devine organ fotoasimilator, cu ţesuturi specializate pentru această funcţie.

Aşadar, ţesuturile asimilatoare se întîlnesc în toate organele principale ale plantelor : tulpini ierboase, tulpini lemnoase tinere, unele rădăcini acvatice sau aeriene şi în special în frunze ; în plus, ele sînt prezente în unele piese florale şi în fructele crude, de culoare verde.

Celulele ţesuturilor asimilatoare au pereţii subţiri, celulozici, conţin cloroplaste şi se află, de regulă, imediat sub epiderma organelor de care am vorbit ; între celule se găsesc spaţii aerifere, necesare schimburilor de gaze.

Cel mai răspîndit tip de celule asimilatoare îl constituie *celulele palisadice*, *caracterizate* printr-o formă cilindrică sau prismatică (rareori foarte scurte), cu diametrul mare dispus perpendicular pe suprafaţa organului. Aşadar, celulele palisadice au forma scîndurilor unui gard (de unde şi numele lor), cu spaţii aerifere mici între ele, cu numeroase cloroplaste. Astfel de celule, prezente sub epiderma celor mai multe frunze, alcătuiesc *ţesutul asimilator palisadic* (fig. 26, C).

În general celulele asimilatoare au forme variate ; cel mai frecvent însă sînt de formă tubular-cilindrică, izodiametrică, de pîlnie sau mai mult ori mai puţin rotunjite. Dintre toate aceste forme, cea tubular-cilindrică constituie celula palisadică tipică, celula asimilatoare care este orientată fie *paralel* cu suprafaţa organului, ca de exemplu la frunza de *Galanthus nivalis* (ghiocelul) (fig. 26, E), *Leucojum vernum* (ghiocelul bogat), *Elodea canadensis* (ciuma apelor) (fig. 26, C), fie *perpendicular* faţă de suprafaţa organului, ca la majoritatea frunzelor asimilatoare.

Se cunosc şi cazuri în care celula palisadică este orientată oblic faţă de suprafaţa organului, orientarea fiind legată direct de sursa de lumină, aşa cum este la *Hydrocharis morsus ranae* (iarba broaştei), *Alisma plantago-aquatica* (limbariţă) etc.

În ceea ce priveşte lungimea celulelor asimilatoare palisadice şi aceasta variază. Se cunosc, astfel, forme scurte, aproape izodiametrice, ca de exemplu la *Taraxacum officinale* (păpădie), însă cel mai frecvent lungimea lor este de 3—5 ori mai mare ca lăţimea, aşa cum se observă la majoritatea frunzelor, de exemplu la *Ilex aquifolium* (laur). Uneori sînt mult mai lungi : la *Helianthus annuus* (floarea soarelui) de 6 ori mai lungi decît late, la *Acer pseudoplatanus* (paltin) de 19 ori mai lung decît late. Forma celulelor palisadice poate şi ea să difere mult de cea tipică ; aşa de exemplu, la frunzele de *Scilla bifolia* (vioreaua) se găsesc celule îndoite sub un unghiu drept.

Un tip deosebit de celulă asimilatoare este acela ce se află în jurul fasciculelor conducătoare, avînd o dispoziţie radiară şi constituind teci asimilatoare sau clorofiliene, aşa cum se întîlnesc, spre exemplu, la *Cyperus* (rogoz) (fig. 27, B).

La unele conifere celulele asimilatoare sînt tabulare, cu pereţii mult cutaţi, contribuind astfel la formarea de spaţii intercelulare, la mărirea rezistenţei mecanice şi a suprafeţei asimilatoare (fig. 27, A).

Cu privire la numărul straturilor palisadice, se poate menţiona că acesta variază şi că într-un strat nu toate celulele au aceeaşi lungime ; printre celule lungi sînt intercalate şi celule scurte. Cel mai adesea se

află un singur strat de celule, dar numărul poate varia de la 2—3 la *Juglans* (nuc), 4 la *Salvia officinalis* (jalea de grădină), 6—7 la *Salix triandra* (salcia); la cladodiile de *Opuntia* (limba soacrei) ajung să fie circa 12 straturi. De reţinut, totodată, că straturile de celule palisadice externe sînt mai bogate în cloroplaste decît cele dinspre interior.

Parenchimurile asimilatoare se caracterizează prin prezenţa spaţiilor intercelulare, a căror formă variază la diferite grupe de plante şi alcătuiesc un sistem de aerisire coerent.

Evacuarea produselor asimilaţiei, din diferitele categorii de celule descrise, este o condiţie indispensabilă pentru ca ele să funcţioneze continuu şi bine. Satisfacerea acestei condiţii implică un anumit principiu de construcţie, care se realizează în moduri variate la diverse plante; acestea pot fi grupate în trei sisteme subdivizate în tipuri.

a. Produsele fotosintezei sînt conduse din organ chiar prin celulele ţesutului asimilator; din acest punct de vedere tipul este considerat ca cel mai imperfect. Amintim aici structura parenchimului asimilator de la *Galanthus* (fig. 26, E), ale cărui celule lungi, cilindrice (paralele cu axul lung al organului) conduc foarte bine asimilatele; acestea, neputînd trece dintr-un strat palisadic în altul, migrează numai în lungul limbului foliar.

b. Produsele fotosintezei sînt conduse din celulele asimilatoare, pe calea cea mai scurtă, la fasciculele conducătoare. Astfel, la *Gladiolus*, *Pinus* ş. a.

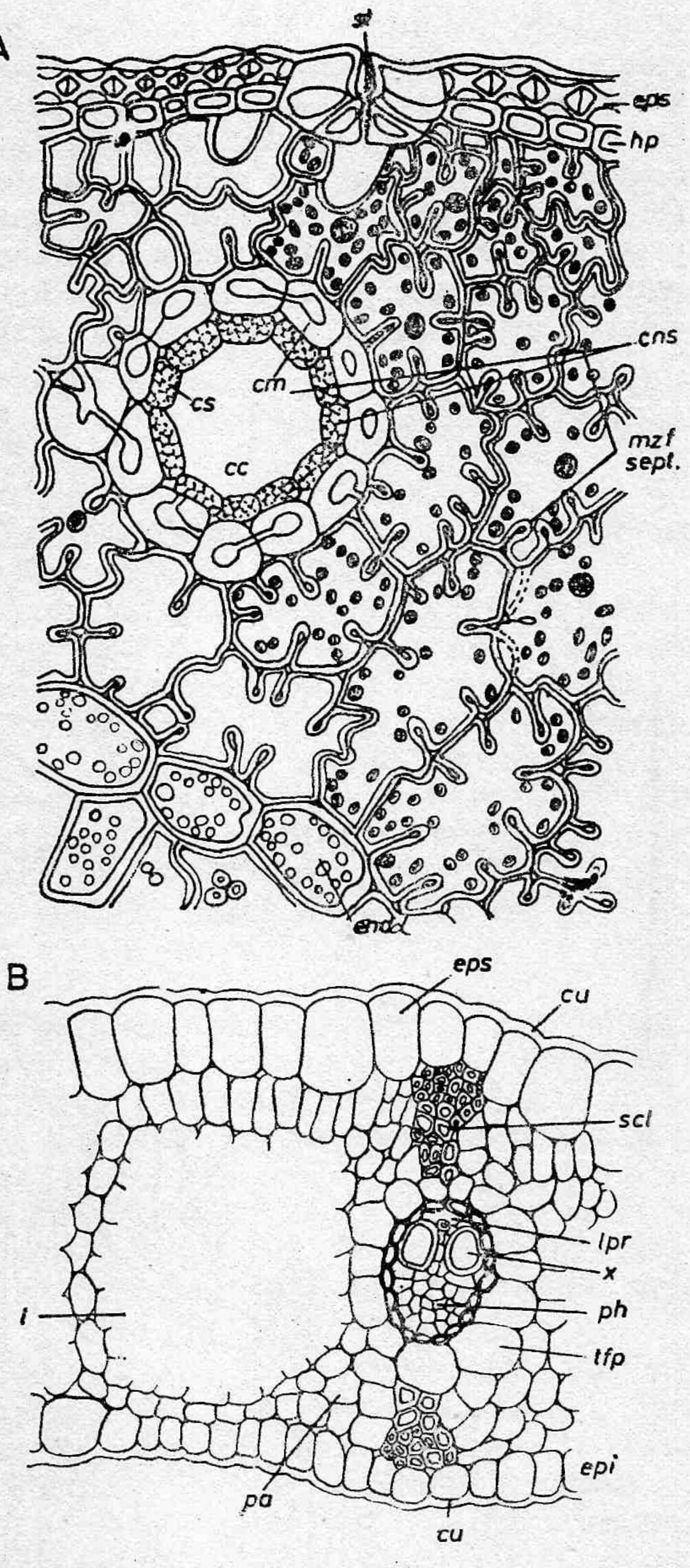
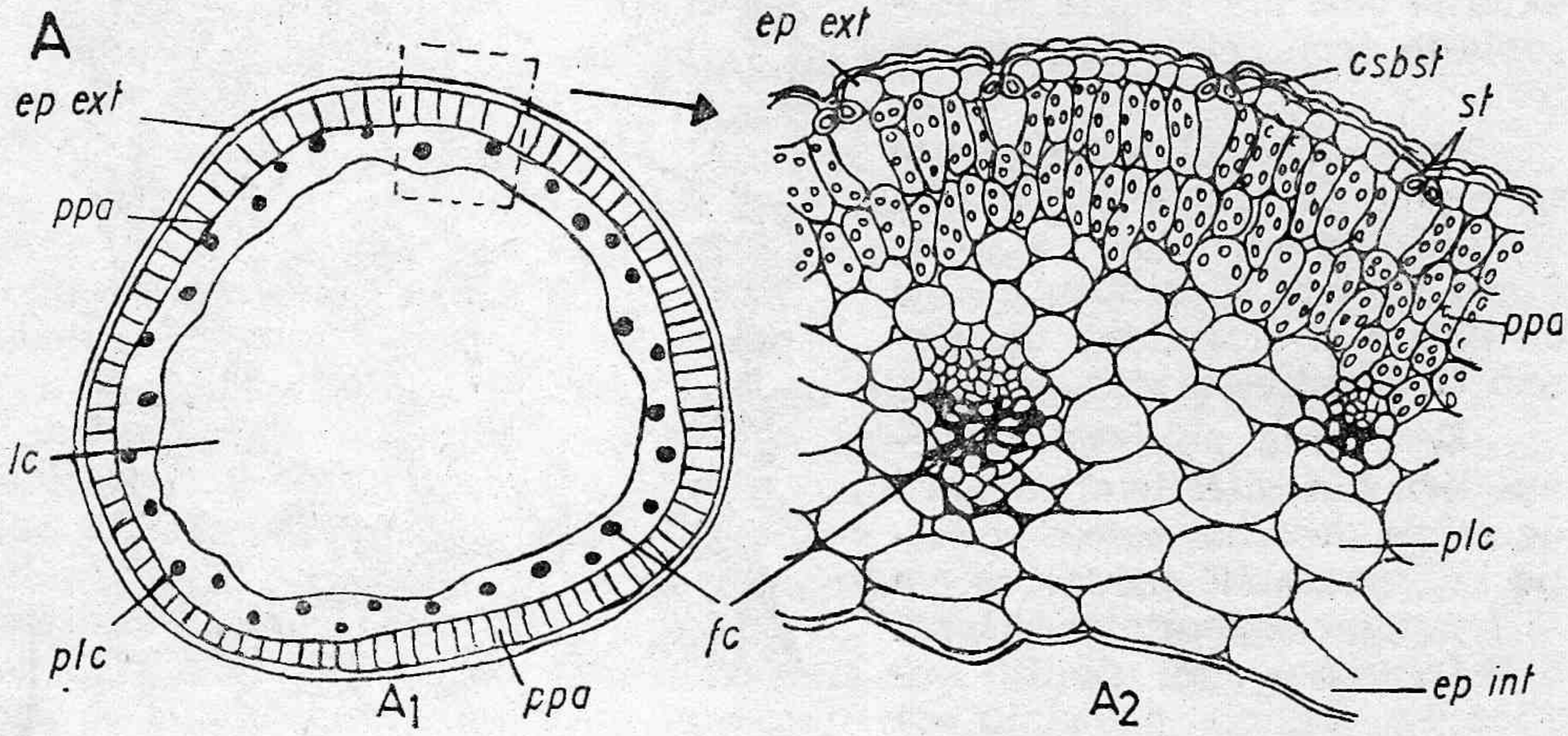


Fig. 27. Alcătuirea ţesutului asimilator în frunzele de *Pinus silvestris* (*A*) şi *Cyperus alternifolius* (*B*) (secţiuni transversale):

cc — canal colector; *cm* — celule mecanice; *cns* — canal secretor; *cs* — celule secretoare; *cu* — cuticulă; *end* — endodermă; *epi* — epidermă inferioară; *eps* — epidermă superioară; *hp* — hipodermă; *l* — lacună aeriferă; *lpr* — lacună protoxilematică; *mzf. sept* — mezofil septat; *pa* — parenchim asimilator; *ph* — floem (liber); *scl* — sclerenchim; *st* — stomată; *tfp* — teacă fasciculară parenchimatică; *x* — xilem (lemn) (*A*: după Barîkina şi colab.; *B*: după G. Şerbănescu-Jitariu).

produsele asimilate sînt conduse pînă la tecile din jurul fasciculelor ; ele nu pot circula dintr-un strat palisadic în altul din cauza spațiilor aerifere mari. La unele monocotiledonate (ex. *Allium* (fig. 28, A), *Ornithogallum* ș.a.) țesutul palisadic din frunze, tulpini și axele inflorescențelor este format din celule separate în același mod de către spațiile aerifere ; sub țesutul palisadic și în contact cu el se află un țesut incolor, prin care trec mai întîi produsele asimilate în drumul lor spre fasciculele conducătoare. La alte monocotiledonate (ex. *Carex*, diferite graminee), celulele asimilatoare palisadice sînt dispuse mai mult sau mai puțin ra-



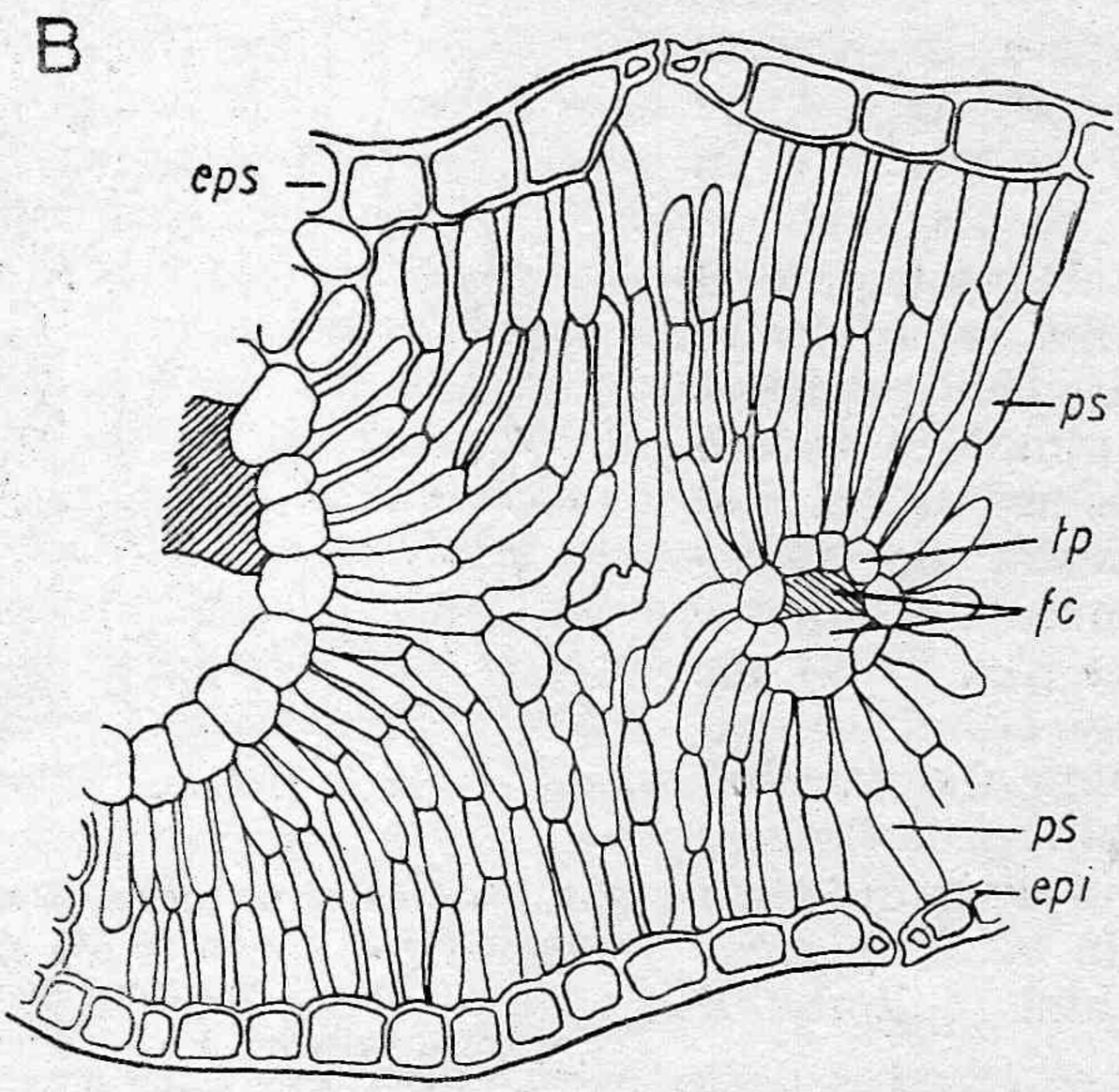


Fig. 28. Structura unei frunze fistuloase de *Allium cepa (A)* și a unei frunze ecvifaciale de *Scabiosa ucranica* (*B*) :

A_1 — schemă; A_2 — detaliu; se observă conformația țesutului asimilator în secțiune transversală; *csbst* — cameră substomatică; *ep ext* — epidermă externă; *epi* — epidermă inferioară; *ep int* — epidermă internă; *eps* — epidermă superioară; *fc* — fascicule conducătoare; *lc* — lacună aeriferă centrală; *plc* — parenchim lacunos; *ppa* — ps — parenchim palisadic; *st.* — stomată; *tp* — teacă parenchimatică (*A* : după Sárkány și Szalai; B : după Haberlandt).

diar în jurul fiecărui fascicul conductor ; între ele şi fasciculul conducător se interpune o teacă parenchimatică cu rol în conducerea asimilatelor. O situaţie asemănătoare se întîlneşte şi la anumite dicotiledonate care au frunzele cu structură izofacială.

c. Produsele de asimilaţie trec din celulele care le-au sintetizat într-un ţesut intermediar, situat între ele şi fasciculele conducătoare (ex. la *Gramineae*, *Cyperaceae*, multe *Liliaceae*, unele *Coniferales* şi numeroase *Dicotyledonatae).*

La monocotiledonate, fasciculele conducătoare se sprijină pe cele două epiderme prin intermediul unor stîlpi (cordoane) de sclerenchim şi sînt înconjurate în rest de cîte o teacă cu celule mari, incolore. Celulele palisadice din vecinătatea fasciculelor sînt înclinate şi curbate spre teaca parenchimatică perifasciculară. Celulele palisadice dintre fascicule se sprijină pe un strat de celule incolore, culcate, ce constitue ţesutul intermediar ; ele unesc tecile a două fascicule vecine şi conduc către ele substanţele provenite din celulele palisadice (v. fig. 27, B).

La dicotiledonate, ţesutul intermediar este reprezentat prin parenchimul lacunos al frunzei ; prin braţele celulelor componente acesta se pune în legătură atît cu ţesutul palisadic (de sub epiderma superioară) cît şi cu alte celule ale ţesutului lacunos sau cu celulele tecii perifasciculare. O celulă din parenchimul lacunos, sau numai un braţ al acesteia se pune în legătură cu cîteva celule palisadice (ex. *Periploca graeca*) ; uneori braţele celulelor se dilată, luînd forma unor pîlnii ; asemenea celule se numesc acumulatoare sau colectoare (ex. *Ficus elastica* (fig. 29, B). Relaţii asemănătoare se stabilesc şi între celulele palisadice (direct sau prin intermediul celulelor colectoare) şi vasele laticifere de la diferite plante (ex. *Euphorbia, Hypochaeris* (fig. 29, C, D) etc.).

În ce priveşte originea parenchimurilor asimilatoare, se menţionează că aceasta este diferită în funcţie de poziţia lor. Celulele e p i d e r m i c e provin din meristemul primar terminal (dermatogen sau tunică, mai rar din corpus). Celulele p a l i s a d i c e rezultă din diviziuni ale meristemelor mai profunde. Celulele cu b r a ţ e sau septumuri rezultă din diviziuni anticlinale, după care are loc formarea septumurilor. Celulele de p a r e n c h i m l a c u n o s rezultă prin apariţia, mai întîi, a spaţiilor intercelulare, după care au loc diviziuni şi realizarea formelor particulare (prin alungire, ramificare etc.).

Particularităţile citologice ale celulelor asimilatoare. În cele mai multe cazuri, pereţii celulelor asimilatoare sînt celulozici, subţiri, fără punctuaţii. Rareori pereţii suferă îngroşări secundare în formă de creste (ex. *Cedrus, Pinus, Cycas*) sau reticulate (ex. *Macrozamia*) ; pereţii cu îngroşări mai extinse prezintă punctuaţii simple (ex. *Trapa, Viscum*). Pereţii celulelor pot fi chiar lignificaţi (ex. *Pinus, Abies*), silicifiaţi (ex. *Rosaceae, Cucurbitaceae)* sau gelificaţi. În mod excepţional, celulele palisadice au pereţii laterali cutaţi, amintind pe cele de la *Pinus.*

Citoplasma alcătuieşte, în general, un sac parietal ; în afară de organite citoplasmatice şi incluziuni organice (proteice, lipidice), adesea se află şi cristale de oxalat de calciu. Nucleul are formă variabilă, conţinînd uneori şi cristale proteice. Cloroplastele pot avea formă eliptică şi semieliptică, mai rar sferică şi chiar poligonală ; adesea conţin amidon. Sucul vacuolar conţine adesea zaharoză şi, mai rar, inulină (ex. *Cichorium in-*

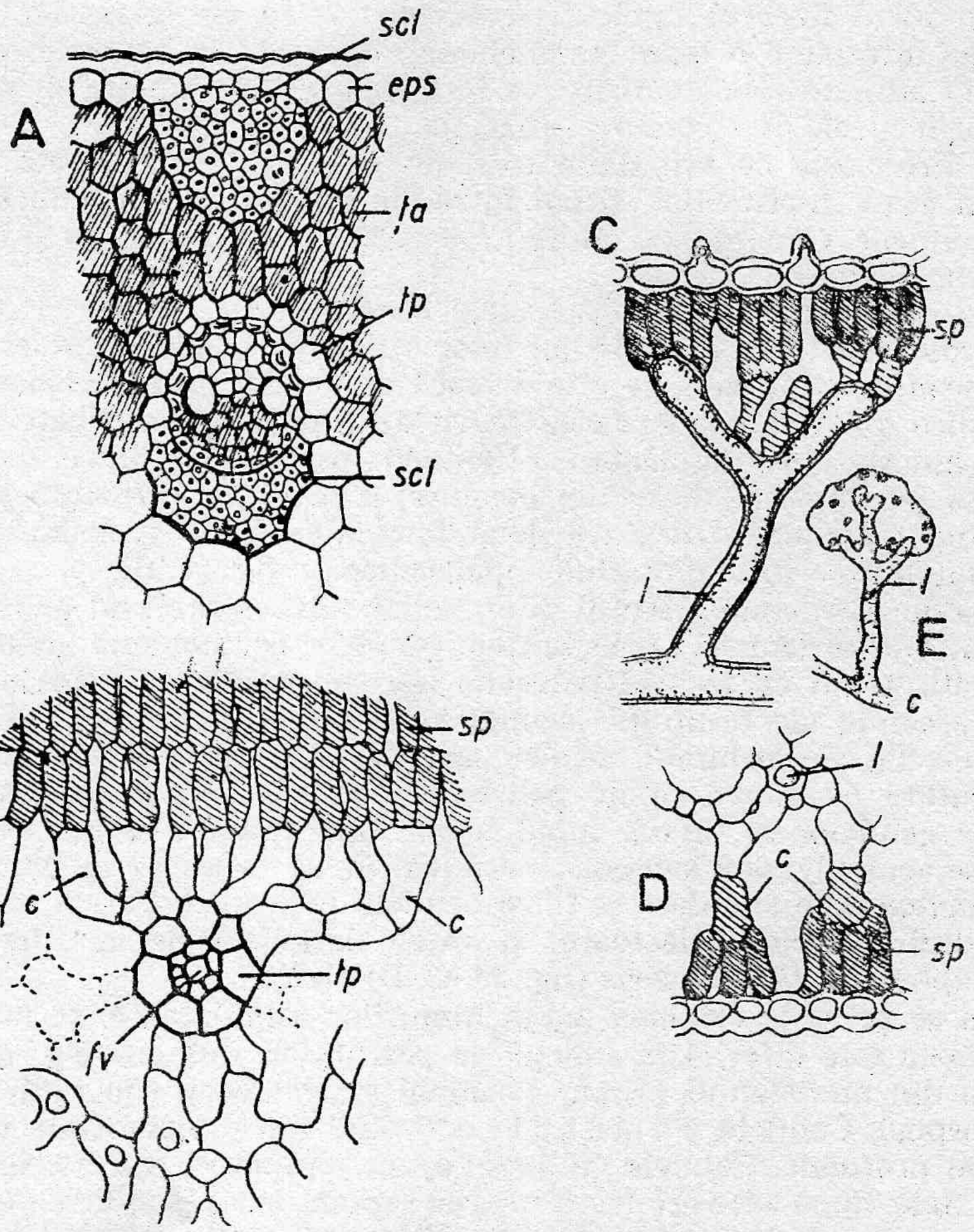


Fig. 29. Alcătuirea țesutului asimilator din frunză și relația lui cu alte formațiuni histologice (secțiune transversală) :

A — Cyperus vegetus; B — Ficus elastica; C — Euphorbia myrsinites; D — Euphorbia biglandulosa; E — Hypochaeris radicata; c — celule colectoare; *eps* — epiderma superioară; *fv* — fascicul vascular; *l* — laticifere; *scl* — sclerenchim; *sp* — straturi palisadice; *tp* — teacă parenchimatică; *ța* — țesut asimilator (după H a b e r l a n d t).

tybus, — cicoare, *Helianthus tuberosus*, — topinambur, *Dahlia variabilis*, — dalie) ; dintre compușii formați în mod accesoriu în timpul fotosintezei menționăm : oxalatul de calciu, alcaloizii, glucozizii, antocianii și taninurile.

Particularități de adaptare a celulelor asimilatoare la îndeplinirea funcției de fotosinteză. Celulele palisadice și cele în formă de pîlnie, prin orientarea lor particulară față de suprafața organului, favorizează utilizarea optimă a luminii (grație orientării convenabile a cloroplastelor față de aceasta) și iluminarea satisfăcătoare a celulelor mai profunde (deoarece puțini pereți vin în contact direct cu lumina, provocînd reflexia și refracția acesteia).

Celulele alungite paralel cu suprafaţa organului şi cele cu braţe oferă o suprafaţă întinsă pentru dispoziţia cloroplastelor şi pentru schimburile de gaze.

Aglomerarea cloroplastelor în special pe lîngă părţile libere ale pereţilor (din vecinătatea spaţiilor aerifere) înlesneşte schimbul de gaze şi nu împiedică circulaţia substanţelor asimilate prin pereţii terminali (de legătură).

Prin celulele alungite, substanţele rezultate în urma procesului de fotosinteză circulă mai uşor, deoarece pereţii transversali sînt în număr redus.

În celulele extinse transversal, lumina slabă este foarte bine utilizată datorită aşezării cloroplastelor (eliptice) în poziţia orizontală.

Factorii climatici (în special lumina) au o anumită influenţă asupra structurii ţesutului palisadic ; în regiunile uscate, plantele au frunze cu ţesut palisadic bine dezvoltat, iar în cele umede, umbrite, ţesut lacunos (propriu îndeosebi pentru transpiraţie).

3.5.1.2. PARENCHIMURI (ŢESUTURI) DE DEPOZITARE

Sînt formate din celule parenchimatice în care se acumulează şi se păstrează substanţe nutritive (organice sau apă).

Ţesuturi de depozitare pentru substanţe organice. La cele mai multe plante inferioare nu s-au format încă ţesuturi speciale de rezervă, produsele rezultate în urma proceselor de sinteză fiind consumate pe loc. La plantele superioare substanţele sintetizate sînt păstrate, temporar, chiar în ţesutul asimilator ; este vorba de amidonul autohton. Alteori, asemenea substanţe sînt acumulate în ţesutul conducător (parenchimul liberian şi parenchimul lemnos), în ţesutul mecanic, în scoarţă, în parenchimul razelor medulare şi în măduvă.

La multe plante superioare însă, în procesul evoluţiei şi adaptării la mediu, s-au format şi ţesuturi care au ca funcţie principală acumularea de rezerve nutritive. Aceste ţesuturi se află răspîndite în toate organele plantei : rădăcini, tulpini, muguri, frunze, fructe, seminţe. Organele în care se depozitează substanţele de rezervă sînt adesea hipertrofiate şi metamorfozate : mugurii tuberizaţi de la *Dentaria bulbifera* (colţişor), *Ficaria verna* (untişorul), rădăcinile tuberizate de la *Beta vulgaris* (sfecla de nutreţ), *Dahlia variabilis*, tulpinile aeriene tuberizate de la *Brassica oleracea* var, *gongylodes* (gulie), tulpinile subterane, cum sînt bulbii, tuberculii, bulbo-tuberculii, rizomii.

Celulele ţesuturilor de depozitare sînt vii, lipsite de cloroplaste, cu pereţii celulozici, subţiri sau îngroşaţi, cu sau fără spaţii aerifere între ele.

Substanţele de rezervă se acumulează de regulă în citoplasmă, în vacuole, iar în cazuri mai rare se depozitează în peretele celular hemicelulozic. În asemenea cazuri peretele celular se îngroaşă, aşa cum se constată la celulele din endospermul seminţelor de la *Phoenix dactylifera* (curmal) sau din cotiledoanele de la *Lupinus albus* (lupin).

Substanţele de rezervă, acumulate în diferite organe, vor servi la formarea noilor părţi ale plantei, în prima etapă de viaţă activă din anul următor sau, în cazul seminţelor, la hrănirea embrionului şi apoi a plantulei, cît timp aceasta nu este capabilă de viaţă autotrofă.

Din punct de vedere practic, organele care conţin substanţe nutritive de rezervă sînt foarte importante, reprezentînd o imensă sursă de materie vegetală, folosită în alimentaţia omului şi a animalelor, în diferite ramuri ale producţiei. În plus, prin substanţele acumulate, fructele şi seminţele joacă un deosebit rol biologic, în răspîndirea plantelor zoochore.

Substanţele de rezervă din organele plantelor se depozitează în ţesuturile parenchimatice, dintre care deosebim următoarele :

Parenchimul medular conţine mai ales amidon şi constituie un ţesut de depozitare în special pentru rădăcinile tuberizate şi tulpinile subterane.

Parenchimul lemnos cuprinde alt amidon, cît şi alte glucide. El este foarte bine reprezentat în axa hipocotilă şi partea de rădăcină tuberizată de la *Raphanus sativus* (ridiche) ; în acest exemplu, tuberizarea este dată în special de parenchimul lemnos secundar, care are o dezvoltare deosebită ; prin îmbătrînirea celulelor de parenchim lemnos, pereţii se îngroaşă şi se lignifică, ţesutul comestibil al rădăcinii de ridiche devenind aţos şi fără gust plăcut.

Parenchimul liberian conţine ca substanţe de rezervă amidon, zaharoză, caroten. Acest ţesut este foarte bine reprezentat în rădăcina tuberizată de la *Daucus carota* ssp. *sativus*.

Parenchimul cortical conţine zaharoză, amidon şi altele, fiind bine reprezentat în toate rădăcinile şi în rizomi sau tuberculi, dar în mod deosebit la *Brassica oleracea* var. *gongylodes* şi la *Solanum tuberosum* (cartof).

Parenchimul fundamental conţine substanţe de rezervă de natură chimică foarte diferită. În fructe se depozitează mai cu seamă glucoză, fructoză şi acizi organici. În cotiledoanele seminţelor se depozitează glucide (amidon), protide şi lipide ; aşa de exemplu, în cotiledoanele seminţelor de la multe leguminoase (fig. 30, A) predomină amidonul, pe lîngă care se mai găsesc cantităţi mari de protide şi cantităţi mici de lipide ; în cotiledoanele seminţelor de *Soja hispida* (soia) predomină protidele, alături de care se găsesc, în cantităţi aproape egale, amidon şi uleiuri ; cotiledoanele seminţelor de *Arachis hypogaea* (alune de pămînt) conţin cantităţi mari de ulei şi mai puţine protide ori amidon ; în cotiledoanele şi endospermul seminţelor de *Helianthus annuus*, *Brassica rapa* (rapiţa), *Linum usitatissimum*, *Papaver somniferum* (mac), *Cucurbita pepo*, *Ricinus communis* (ricin) ş.a. există, pe lîngă alte substanţe, cantităţi mari de ulei.

Un ţesut special de rezervă, propriu seminţelor de la multe angiosperme, este *endospermul secundar* (numit încă şi albumen), rezultat, odată cu embrionul, în urma procesului de dublă fecundare. Acesta este format tot din celule parenchimatice, bogate în amidon, cum este cazul la graminee (fig. 30, B) sau în lipide, cum este cazul la unii palmieri, ca de exemplu la *Elaeis*, *Cocos* (cocotier) sau *Theobroma cacao* (arbore de cacao).

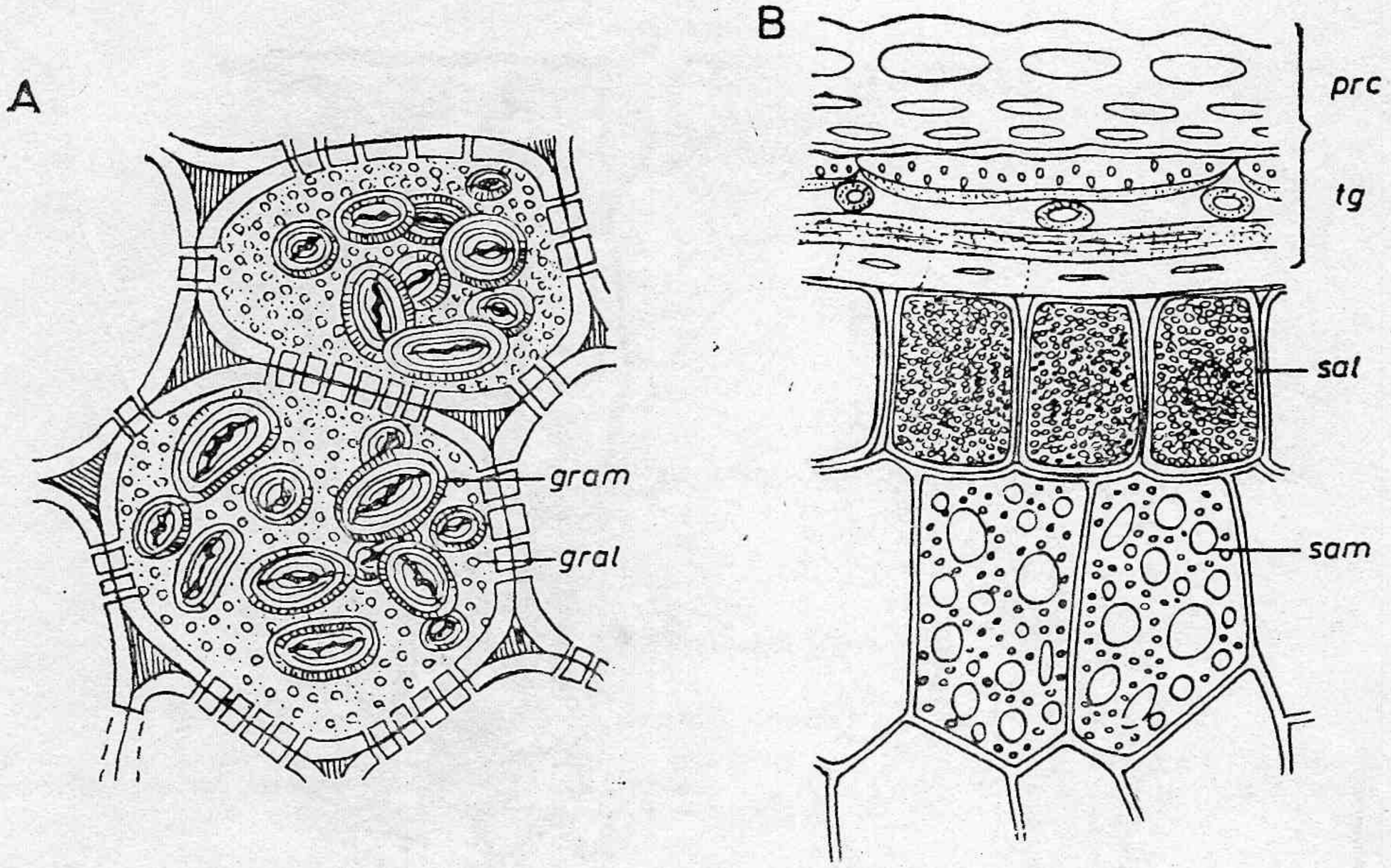


Fig. **30.** Parenchim de depozitare în cotiledonul seminței de *Phaseolus vulgaris* (*A*) și în cariopsa de *Triticum vulgare* (*B*) secțiuni transversale :

gram — granule de amidon; *gral* — granule de aleuronă; *prc* — pericarp; *sal* — strat de celule cu aleuronă; *sam* — strat de celule cu amidon; *tg* — tegument seminal (*A* : după G u t t e n b e r g; *B* : — după B a r î k i n a și colab.).

Țesuturi de depozitare pentru apă (parenchimuri acvifere). Parenchimul acvifer este constituit din celule de asemenea vii, izodiametrice sau alungite, cu pereți subțiri, celulozici, cu citoplasmă puțină și vacuole mari, bogate în suc celular și substanțe micilaginoase, care au proprietatea de a extrage apa din mediul înconjurător și de a o reține, iar organele respective sînt suculente.

În forma cea mai simplă, țesutul acvifer este reprezentat prin celule epidermice cu conținutul sucului vacuolar foarte diluat. La *Piperaceae*, *Orchidaceae* ș.a., alături de epidermă participă și straturile hipodermice la alcătuirea țesutului acvifer, care apare ca o zonă transparentă destul de groasă și în care celulele sînt lipsite de cloroplaste. Într-un asemenea țesut celulele sînt mari, de formă variată, poligonală, rotundă sau cilindrică, cu un strat parietal foarte subțire de citoplasmă și o vacuolă mare. Pereții celulelor sînt celulozici, iar cei radiari se pot cuta, astfel încît micșorarea celulelor are loc fără a se produce vreo vătămare ; nu există spații intercelulare (fig. 31).

Parenchimul acvifer este caracteristic mai cu seamă pentru plantele xerofile, adaptate să trăiască în regiuni secetoase, prin locuri pietroase, cum sînt reprezentanți dintre *Cactaceae*, *Begoniaceae*, *Piperaceae*, *Crassulaceae*, unele *Liliaceae* (ex. *Aloe*) și *Amaryllidaceae*. (ex. *Agave*), precum și pentru plantele halofile, care cresc în regiuni sărate (ca de exemplu *Salicornia herbacea*) (brîncă).

Rolul țesutului acvifer este de a înmagazina apa necesară plantei mai cu seamă în perioadele de uscăciune, cînd aceasta lipsește, iar la

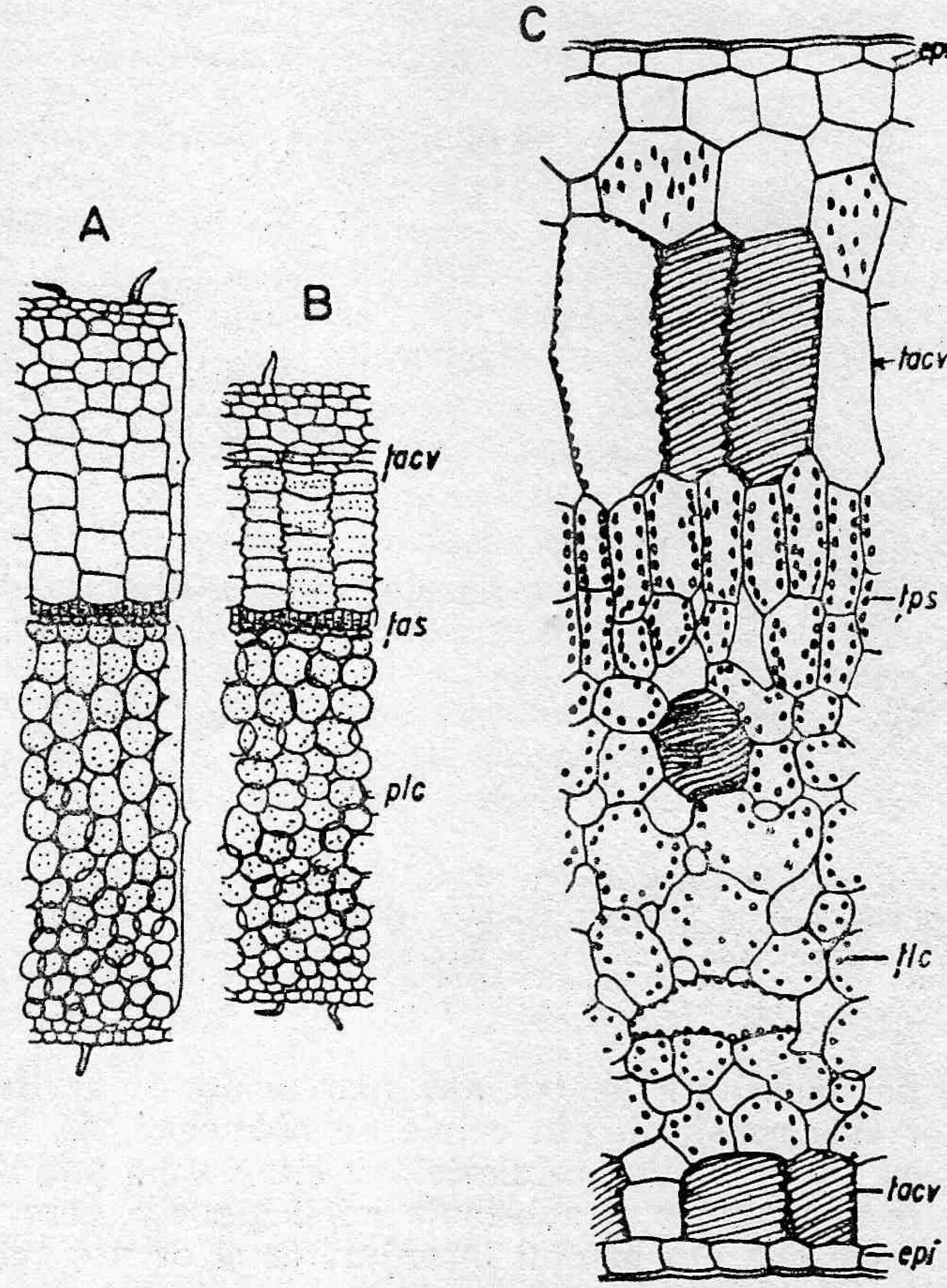


Fig. 31. Țesut acvifer în frunzele de *Peperomia trichocarpa* (*A*, *B*) și *Physosiphon landsbergii* (*C*) : secțiuni transversale :

A — în frunza turgescentă; *B* — în frunza detașată de tulpină, după patru zile de transpirație; *epi* — epiderma inferioară; *eps* — epiderma superioară; *plc* — parenchim lacunar; *țacv* — țesut acvifer; *țas* — țesut asimilator; *țlc* — țesut lacunar; *țps* — țesut palisadic (*A*, *B* : după Guttenberg; C : după Haberladt).

plantele de sărături atunci cînd concentrația în săruri a mediului extern este mai mare față de cea a sucului vacuolar, planta neputînd absorbi în acest caz apa din sol.

Țesutul acvifer ocupă în corpul plantelor anumite poziții, fapt pentru care se clasifică în două categorii și anume : *extern* și *intern*.

Țesutul acvifer extern se întîlnește în frunzele multor epifite tropicale sau al unor plante ce cresc în stațiuni uscate, ca de exemplu la *Bromeliaceae*, *Piperaceae*, unele *Orchidaceae*, precum și în frunzele unor plante de locuri umede și cu transpirație intensă, ca la *Moraceae*, *Palmae*, *Scitamineae*.

Tot în categoria țesuturilor acvifere externe putem include și *celulele buliforme* din epiderma superioară a frunzelor de la unele graminee, ca de exemplu de la *Arundo donax* (fig. 32), *Stipa*, *Festuca*, *Dactylis* (go-

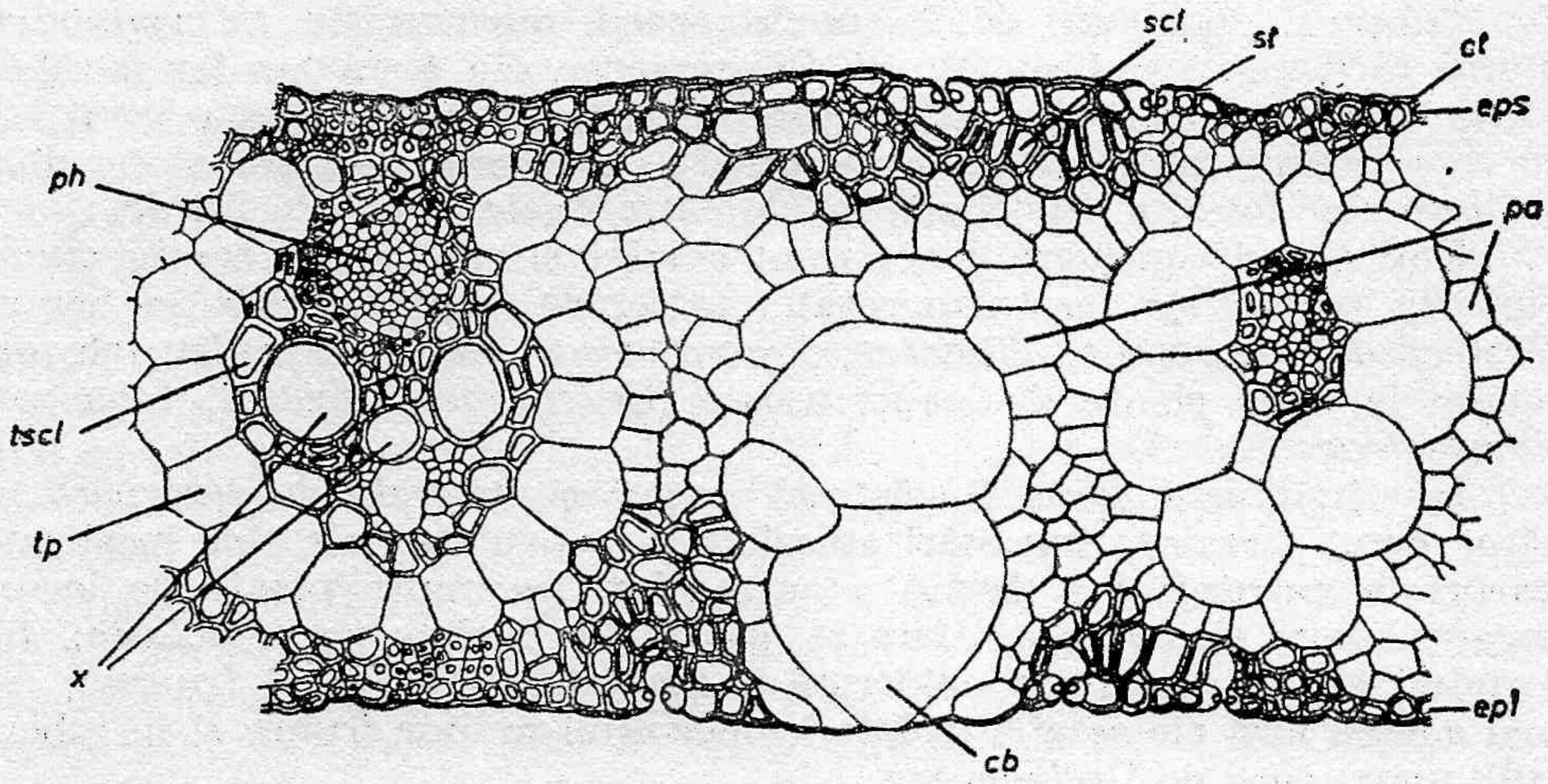


Fig. 32. Structura frunzei de *Arundo donax* (secțiune transversală) :

cb — celule buliforme; *ct* — cuticulă; *epi* — epidermă inferioară; *eps* — epidermă superioară; *pa* — parenchim asimilator; *ph* — floem (liber); *st* — stomată; *tp* — teacă parenchimatică; *tscl* — teacă sclerenchimatică; *x* — xilem (lemn) (după G e n e v è s).

lomăț) etc., ori *papilele epidermice* din epiderma frunzelor de la *Tropaeolum majus, Mesembryanthemum cristalinum* etc.; acestea din urmă au rol și de absorbție a apei din mediul extern. Celulele buliforme proemineaz în mezofil, au pereți subțiri și rol în absorbția și înmagazinarea apei. În timp de secetă celulele buliforme pierd apa prin transpirație, volumul lor se micșorează și prin aceasta determină o micșorare a feței superioare a frunzei, ceea ce face ca organul să se răsucească spre partea superioară, paralel cu nervurile, ca un jgheab; această însușire a frunzelor de la multe graminee constituie un mijloc de apărare împotriva unei prea mari transpirații, știut fiind că stomatele se află în număr mai mare pe partea superioară a frunzei sau chiar numai pe aceasta; după trecerea perioadei secetoase celulele buliforme absorb din nou apă, iar frunzele se desfac.

O categorie aparte de țesuturi acvifere externe o constituie cele legate de *hidatode* (formațiuni prin care apa din plantă, aflată în exces, se elimină sub formă de picături în cursul procesului de gutație). Aceste țesuturi acumulează apa din organism în celule sau în spațiile intercelulare, după care o elimină afară.

Țesutul acvifer intern este propriu mai ales plantelor suculente (*Crassulaceae, Cactaceae*, unele *Euphorbiaceae, Amaryllidaceae, Iridaceae, Liliaceae : Aloe, Chenopodiaceae : Salicornia, Salsola* ș.a.); grație lui aceste plante pot suporta perioade secetoase foarte lungi. În frunzele de *Aloe, Agave* și chiar *Iris*, țesutul acvifer este situat în partea centrală, sub cele două epiderme aflîndu-se clorenchimul. În frunzele de *Salsola* straturile hipodermice constituie clorenchimul, iar restul mezofilului reprezintă țesutul acvifer. În tulpina de *Salicornia herbacea* (plantă de sărături umede), țesutul acvifer este reprezentat prin straturile corticale interne, ce se află între clorenchimul hipodermic și cilindrul central; printre celulele țesutului acvifer se află și vase spiralate.

Tuberculii caulinari de la unele specii mirmecofile *(Myrmecodia,* dintre *Rubiaceae)* sînt constituiţi de asemenea din ţesut acvifer (străbătut de o reţea bogată de spaţii aerifere), reprezentînd cele mai mari rezervoare de apă (lungi de 30 cm și groase de 20 cm) ; lacunele și canalele aerifere sînt folosite drept adăpost de către unele specii de furnici.

Unii autori consideră drept ţesut acvifer și celulele ce conţin *mucilagiu* în pereţii lor foarte îngroșaţi ; astfel de celule se află în frunze (*Malvaceae, Lauraceae, Tiliaceae, Loranthaceae* etc.) sau în fructele ori semințele unor plante de locuri uscate (*Cruciferae, Labiatae, Linaceae, Plantaginaceae* etc.).

În sfîrșit, apa poate fi păstrată uneori și în *traheide rezervorii,* a căror pereţi prezintă îngroșări spiralate și reticulate ; ele sînt localizate uneori la extremitatea lărgită a nervurilor. La multe plante de locuri uscate, aceste elemente acvifere se găsesc fie izolate (ca *idioblaste*), fie formînd grupe mici între epidermă și ţesutul asimilator al frunzei ; cel mai adesea însă ele se află izolate în mezofilul multor frunze și în tuberculii unor specii de *Orchidaceae.*

Ţesuturi de depozitare pentru aer (parenchimuri aerifere). Plantele fac un schimb continuu de gaze cu atmosfera înconjurătoare prin respiraţie, transpiraţie și fotosinteză.

La plantele unicelulare și la cele pluricelulare cu volum mic, schimbul de gaze se realizează prin toată suprafaţa corpului. La plantele pluricelulare cu volum mare este necesară și o suprafaţă internă, care se realizează prin formarea unui sistem de *spaţii aerifere.* Aceste spaţii aerifere din parenchimurile diferitelor organe alcătuiesc ţesutul aerifer în sens restrîns (aerenchimul). Acesta este format din celule cu pereţi subţiri, celulozici, care lasă între ele spaţii mai mici sau mai mari, pline cu aer.

Spaţiile aerifere mai lungi și mai largi, de tipul canalelor aerifere, caracterizează organele plantelor acvatice și palustre.

În rădăcină, canalele se dezvoltă în profunzimea scoarţei primare, putînd fi continue (la majoritatea plantelor acvatice și palustre) sau întrerupte de diafragme.

În tulpină, canalele se dezvoltă în aproape toată grosimea scoarţei și sînt întrerupte de diafragme fie numai în noduri, fie și în internoduri. Canalele aerifere din măduva tulpinii de *Juncus effusus* (v. fig. 138) se formează între celule de formă stelată.

În peţiolul frunzelor, canalele pot fi, ca și în rădăcină, continue ca la *Nymphaea* și la *Nuphar* (nufăr) (v. fig. 183).

Unii autori folosesc termenul de „aerenchim“ numai pentru ţesutul aerifer al plantelor acvatice și palustre, denumind prin acesta ţesutul parenchimatic în care se află canale și camere aerifere.

3.5.1.3. PARENCHIMURI DE ABSORBŢIE

Au rol în absorbţia apei din sol, odată cu sărurile minerale pe care le dizolvă, și conducerea acesteia, prin acţiunea forţei osmotice, pînă la nivelul vaselor conducătoare.

Țesutul absorbant la Bryophyta. Aparatul vegetativ al mușchilor frunzoși *(Musci)* este alcătuit din tulpiniță și frunzulițe, rolul de fixare și de absorbție fiind îndeplinit de *rizoizi ;* asemenea rizoizi apar și la mușchii cu tal *(Hepaticae)* și la protalul ferigilor. Prin modul lor de comportare față de gravitație, lumină și umiditate, rizoizii se aseamănă cu rădăcinile cormofitelor. Rizoizii (în special „trunchiul" principal) au geotropism pozitiv ; ramificațiile de ultim ordin sînt ageotropice ; rizoizii simpli (ex. *Marchantia*) au un geotropism absolut. Rizoizii prezintă un heliotropism negativ, lumina, ca și gravitația determinînd apariția lor numai pe fața neluminată a protalului de ferigi, a talului și propagulelor de *Marchantia,* sau numai la partea inferioară a tulpiniței de mușchi frunzoși (deci în sol).

La protalul ferigilor și la *Hepaticae,* rizoizii sînt simpli și au aspectul perilor absorbanți de la cormofite, de care diferă prin faptul că sînt separați de celula care i-a produs ; cresc prin vîrful lor și prezintă deformări datorită particulelor de sol printre care pătrund (fig. 33).

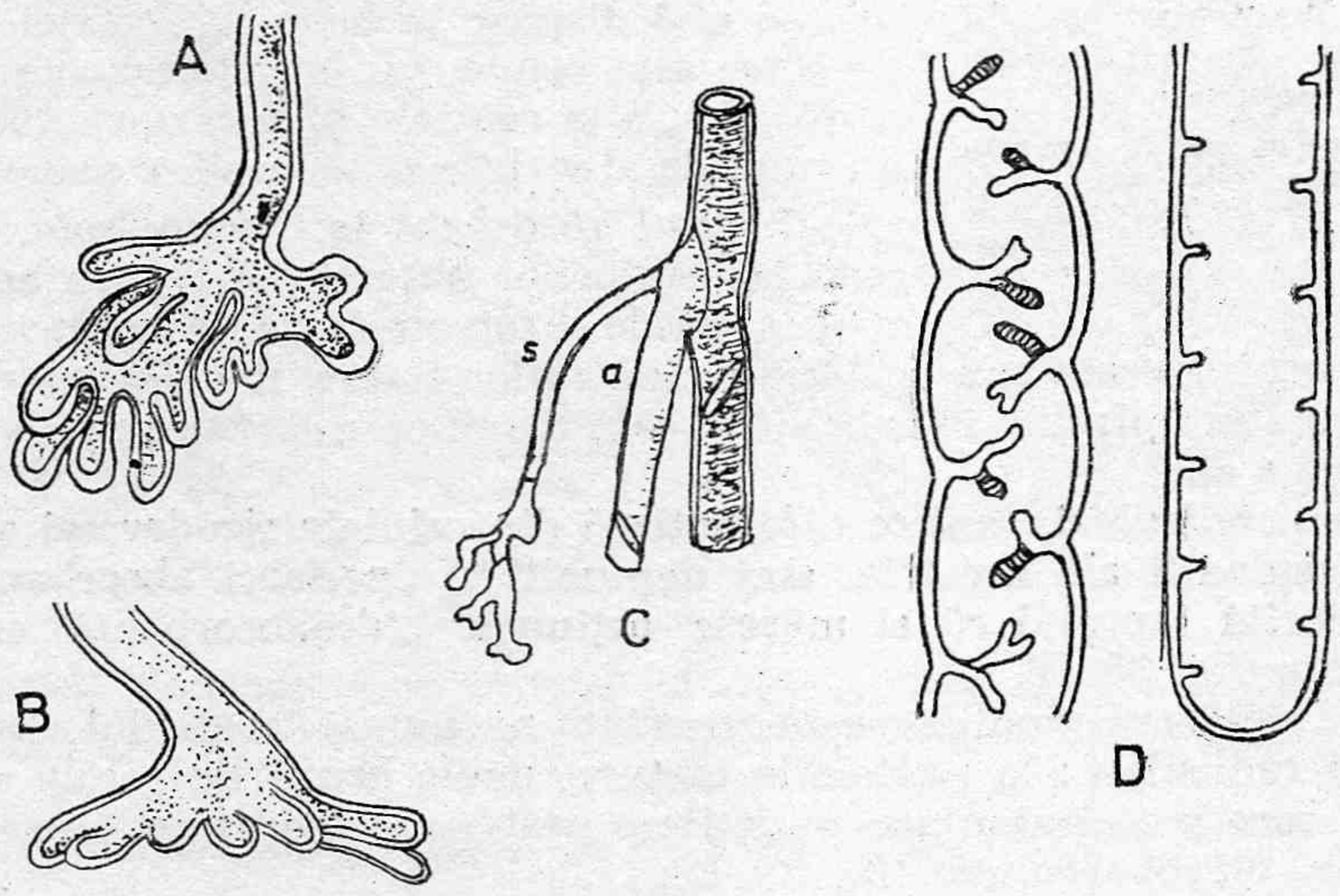


Fig. 33. Țesut absorbant reprezentat prin rizoizi :
(*a, s* — ramificații de diferite ordine *Mastigobryum triobatum* (*A, B*), *Tortula muralis* (*C*) și *Marchantia polymorpha* (*D*) (după H a b e r l a n d t).

La *Musci* rizoizii sînt ramificați, luînd aspectul unui sistem radicular. Ramurile principale sînt mari, de forma unor filamente pluricelulare uniseriate ; ramificațiile sînt mici, subțiri, unicelulare și au rol absorbant ; în contact cu solul, vîrful lor se deformează. Ramificațiile noi iau naștere acropetal, ca niște proeminențe papiloase. Pereții despărțitori care apar la ramificațiile de ordin inferior sînt orientați oblic, prin aceasta mărindu-se suprafața de circulație între celule. Citoplasma celulelor are aspectul unui sac parietal, în ea putînd fi observate picături de ulei și chiar cloroplaste ; sucul vacuolar este incolor și concentrat.

Rizoizi cu structură simplă, dar de altă formă decît cei menționați mai sus se întîlnesc și la alge, ciuperci ori licheni.

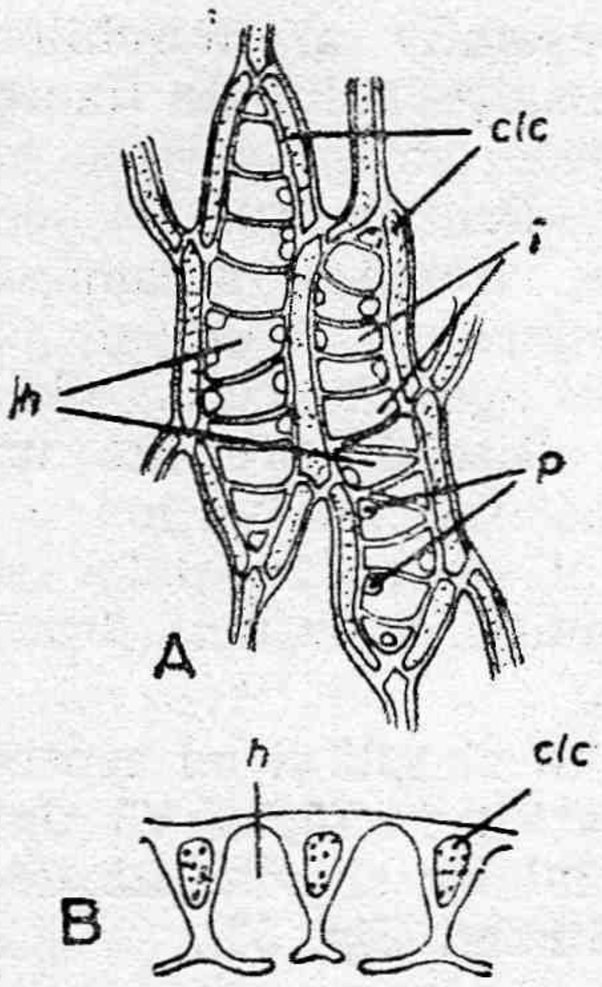


Fig. 34. Țesut absorbant în frunzulița de *Sphagnum balticum* :

A — vedere de sus; *B* — în secțiune transversală; *clc* — clorocite; *h* — hialocite (hidrocite); *î* — îngroșări; *p* — pori (după S t r a s b u r g e r).

Formațiunile denumite *hialodermă* și *hialocite* se întîlnesc la mușchii de turbă [aparținînd genului *Sphagnum* (fig. 34)]. Speciile de *Sphagnum* sînt tot mușchi frunzoși, dar ramificați, cu frunzulițe solzoase, unistratificate, fără rizoizi (aceștia sînt prezenți numai la protonemă).

Hialoderma este alcătuită din cîteva straturi de celule mari, cu pereții subțiri, dispuse la periferia tulpiniței, avînd rolul de a absorbi și acumula apa din mediul în care plantele trăiesc. Celulele hialodermei prezintă adesea pori prin care apa pătrunde mai ușor, iar pereții au îngroșări spiralate, cu rol de susținere.

Hialocitele sînt celule moarte ce intră în alcătuirea frunzulițelor, avînd pereții prevăzuți cu pori și îngroșări inelate ori spiralate. Hialocitele se află dispuse în ochiurile rețelei formate de către alte celule, vii, cu cloroplaste, numite clorocite. Ca și celulele hialodermei, hialocitele au rolul de absorbție și acumulare a apei.

Țesutul absorbant la Cormophyta. Din categoria țesuturilor absorbante pentru apă și săruri minerale dizolvate în ea de la *Cormophyta*, fac parte *rizoderma* sau *epiblema* rădăcinilor tinere și *velamen radicum*. Rizoderma este lipsită de cuticulă și celulele se caracterizează prin absorbția activă a apei.

Perii radiculari, care se diferențiază din celulele rizodermei și reprezintă evaginații ale acesteia, sînt denumiți și „perișori absorbanți“ tocmai datorită faptului că ei măresc acțiunea hidroabsorbantă cu mare eficacitate (fig. 35, B).

Apa necesară plantelor este absorbită nu numai la nivelul rizodermei cu perii radiculari ; la rădăcinile mature, unele grupe de celule ale exodermei, care pot rămîne mai mult timp nesuberificate, constituie un țesut absorbant cu rol secundar (fig. 35, D).

Plantele își pot procura apa și prin formațiuni ale altor organe (fig. 35,C) cum se cunoaște spre exemplu *ligula* de la *Selaginelales* (fig. 35, A) și *Isöetales*, care se află la baza frunzelor sub forma unei scvame membranoase, lipsită de clorofilă și care permite o absorbire foarte rapidă a precipitațiilor.

Plantele carnivore posedă la nivelul organelor metamorfozate peri „absorbanți“ care absorb proteinele victimelor, solubilizate de fermenții digestivi.

Pe frunzele plantelor hidrofile submerse sînt prezente diferențieri epidermale glanduliforme, numite *hidropote*, care au fost considerate mult timp drept organe excretoare, iar în ultima vreme s-a dovedit că acestea sînt de fapt structuri absorbante, la nivelul cărora sînt preluate din apă substanțele nutritive minerale.

De asemenea, tot în cadrul acestor parenchimuri este inclus și *velamen radicum*, un țesut caracteristic rădăcinilor aeriene și care provine fie

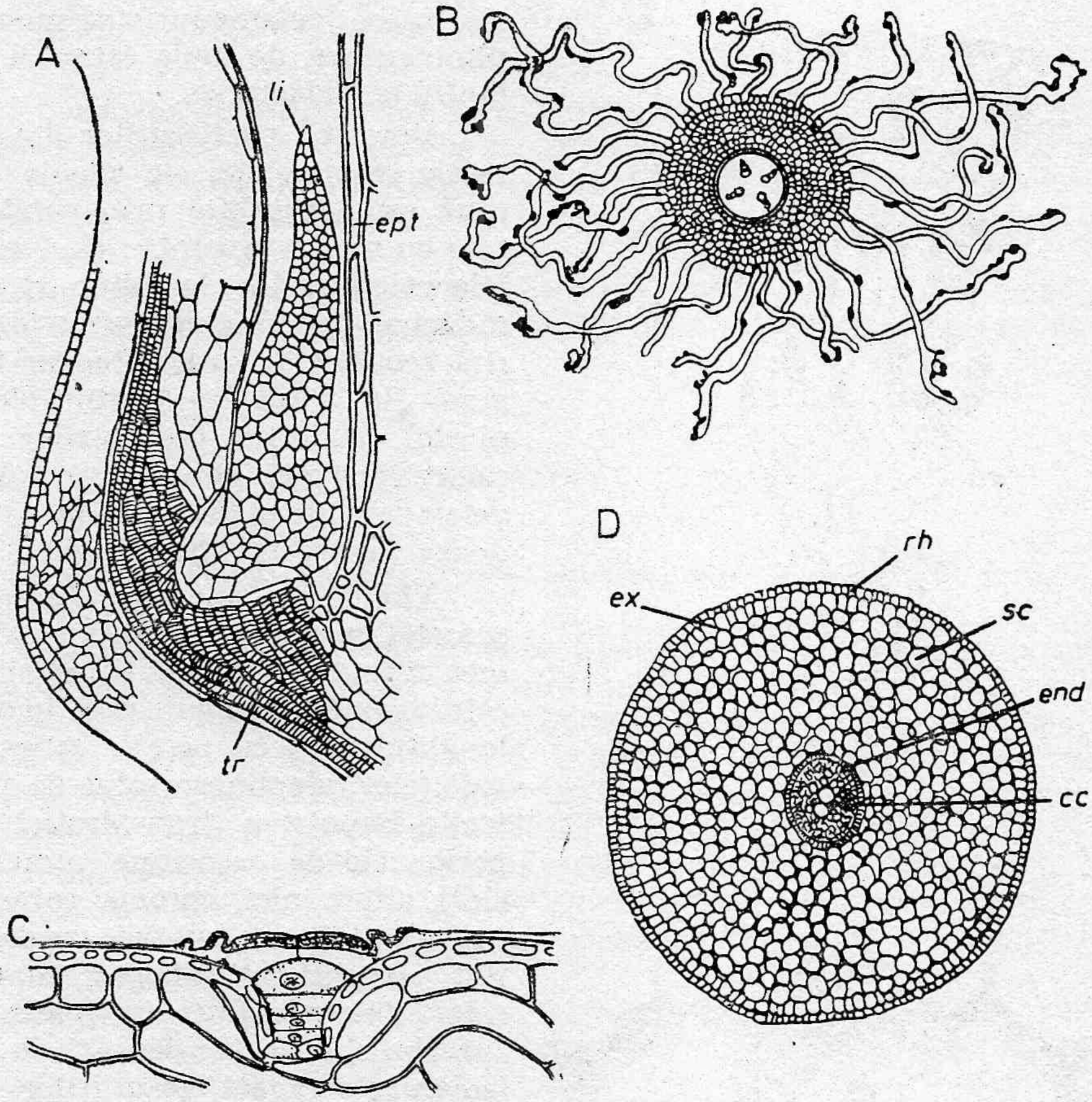


Fig. 35. Peri absorbanți de pe rădăcină (*B — Pisum sativum, D — Allium cepa*) și frunză (*A — Selaginella hyallii, C — Vriesea splendens*). *A* — secțiune longitudinală ; *B, C, D* — secțiuni transversale :

cc — cilindru central; *end* — endodermă; *ept* — epiderma tulpinii; *ex* — exodermă; *li* — ligulă; *rh* — rizodermă; *sc* — scoarță; *tr* — traheide (după S t r a s b u r g e r).

din dermatogen, fie din protoderm ; se întîlnește la unele *Orchidaceae* (fig. 36, A) și *Araceae* epifite ; aceste plante nu trăiesc pe sol, ci pe trunchiurile și ramurile unor arbori și arbuști, fără a-i parazita.

Țesutul denumit *velamen radicum, velum* sau, simplu, *velamen,* este în general pluristratificat la maturitate (ex. *Stanhopea, Vanda*) ; numai în mod cu totul excepțional velamenul este unistratificat (ex. *Vanilla planifolia*).

În detaliu, velamenul este format din celule izodiametrice sau alungite radiar (în secțiune transversală), fără spații aerifere între ele, cu pereții diferit îngroșați : spiralat *(Stanhopea)* sau reticulat *(Vanda);* uneori îngroșarea este uniformă și punctuațiile sînt vizibil, alteori la aceeași rădăcină se pot întîlni diferite categorii de îngroșări.

În porțiunile rămase subțiri peretele celulelor prezintă perforații, prin care acestea comunică între ele și cu atmosfera externă. Celulele ce

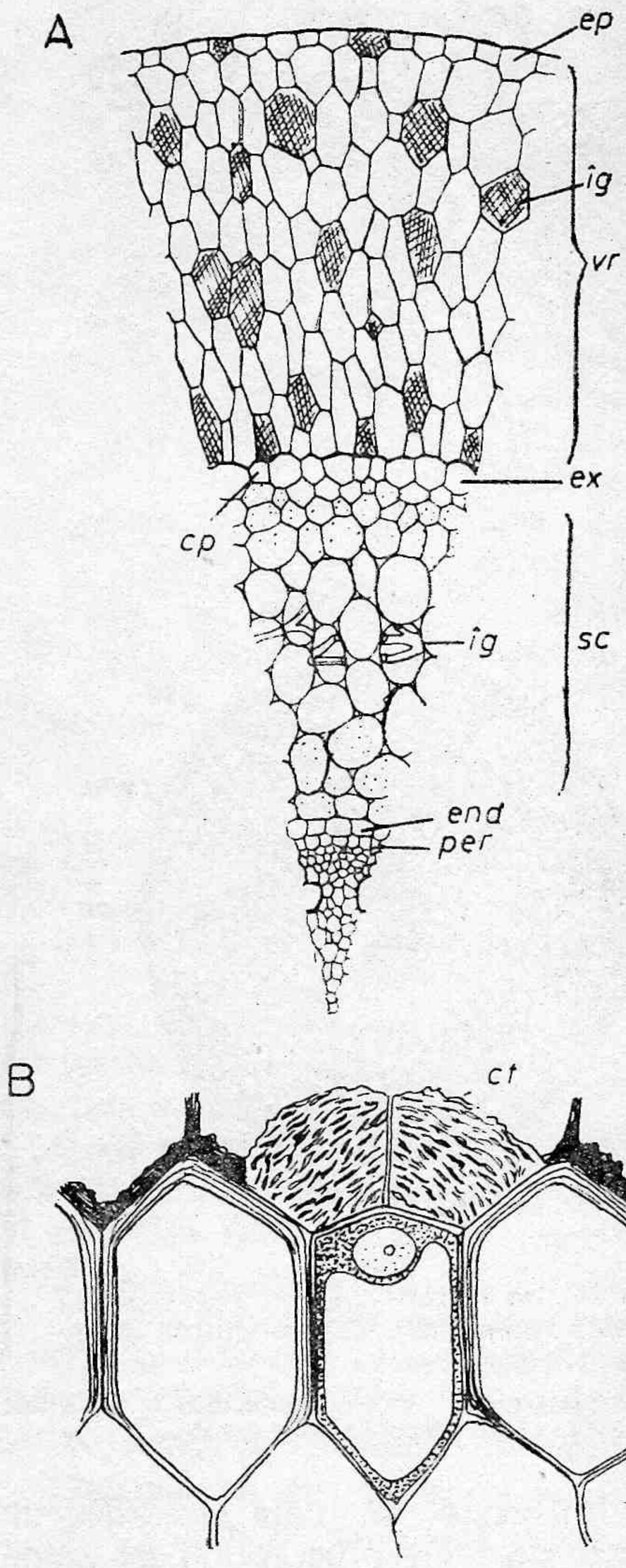


Fig. 36. Țesut absorbant la rădăcini aeriene : *A* — velamen radicum, văzut în secțiune transversală, la *Orchidaceae; B* — corp fibros în exoderma de *Sobralia macrantha; cf* — corp fibros; *cp* — celule de pasaj; *end* — endodermă; *ep* — epidermă; *ex* — exodermă; *îg* — îngroșări ale peretelui celular; *per* — periciclu; *sc* — scoarță; *vr* — velamen radicum (după Guttenberg).

alcătuiesc velamenul sînt moarte, pline cu aer, de unde aspectul argintiu al rădăcinilor.

Datorită perforațiilor din peretele celular, apa de ploaie sau rouă este absorbită prin capilaritate cu multă ușurință ; cînd celulele velamenului sînt pline cu apă, rădăcina ia culoarea verde (datorită scoarței de sub velamen formată din celule ce conțin cloroplaste). Datorită îngroșărilor caracteristice ale pereților celulari, velamenul are și însușirea de a condensa vaporii de apă absorbiți.

Velamenul este legat de restul scoarței prin intermediul exodermei, formată din două categorii de celule : unele lungi, dispuse în serii longitudinale, cu pereții suberificați (ele îndeplinesc rolul de protecție împotriva transpirației din perioadele de uscăciune atmosferică), altele mici, aproape rotunde, cu pereții foarte subțiri, cu conținut citoplasmatic bogat, numite *celule de comunicație* (prin acestea, apa absorbită și condensată de velamen este cedată țesuturilor interne, conducătoare). Deasupra celulelor de comunicație se află celule speciale ale velamenului, cu peretele îngroșat ; porțiunea îngroșată a peretelui, numită *corp fibros*, este foarte spongioasă, fără ca rolul acesteia să fie bine cunoscut (fig. 36, B).

Velamenul poate persista toată viața rădăcinii (este cazul celor mai multe epifite dintre orhidee și aroidee), sau este caduc la rădăcinile mai în vîrstă ori la cele care ajung să pătrundă în sol ; în aceste cazuri rădăcinile rămîn învelite de exodermă (ex. *Angraecum subulatum*).

La foarte multe orhidee epifite cu frunze cărnoase (deci cu țesut acvifer bine dezvoltat) velamenul lipsește, în timp ce la speciile cu frunze subțiri acesta este foarte bine reprezentat și pluristratificat.

3.5.2. ŢESUTURI APĂRĂTOARE

Ţesuturile definitive care sînt situate la exteriorul plantelor și îndeplinesc funcţia de protecţie a acestora împotriva unei prea mari pierderi de apă, a leziunilor mecanice, a temperaturilor prea ridicate, precum și a pierderii de substanţe nutritive, constituie ţesuturi *protectoare, apărătoare* sau *învelitoare.*

După originea lor ţesuturile protectoare se împart în două categorii : primare (epiderma, rizoderma, exoderma, endoderma) și secundare (suberul, ritidomul).

3.5.2.1. ŢESUTURI APĂRĂTOARE PRIMARE

Ele iau naștere din activitatea meristemelor primordiale și primare (dermatogen, protoderm, tunica).

Sistemul ţesuturilor epidermale. *Epiderma* este ţesutul care protejează la exterior tulpina cu structură primară, frunza și alte organe aeriene (piese florale, fructe etc.). Ia naștere din *dermatogen* sau din *protoderm,* care de fapt la tulpină reprezintă stratul cel mai extern al așa-numitei „*tunica*“, despre care se vor prezenta datele necesare cînd va fi descris vîrful vegetativ al tulpinii.

Componentele generale ale epidermei sînt : celulele epidermale (epidermice), celulele stomatice, glandele nectarifere, glandele digestive, hidatodele, celulele secretoare, papilele secretoare și perii epidermici (tectori sau protectori și secretori).

Celulele epidermale au forme variate : disciforme, tabelare, turtite, însă cel mai des întîlnite sînt cele ce au forme poliedrice (fig. 37, A, B). Celulele epidermale tinere posedă citoplasmă sub forma unui strat parietal subțire, nucleu, pastide sub formă de leucoplaste mici (sau ele lipsesc cu totul) și vacuole cu suc celular, care conţine uneori antociani. În general celulele epidermale sînt lipsite de cloroplaste ; excepţie fac unele ferigi, plantele acvatice submerse și unele plante terestre de lumină *(Caltha laeta, Lamium purpureum)* sau de umbră *(Ficaria verna, Impatiens noli-tangere).*

La multe plante din deșerturi [*Mesembryantheum crystalinum* (fig. 37, C), *Reseda arabica, Aizoon canariense*], anumite celule epidermale ale frunzei și tulpinii sînt foarte mari, devenind veziculoase prin bombarea peretelui extern ; datorită vacuolelor foarte mari, bogate în apă, epiderma are funcţie de protecţie împotriva transpiraţiei excesive, celulele ei cedînd cu ușurinţă această apă celulelor asimilatoare subiacente.

O celulă epidermică este delimitată de așa-numiţii „pereţi“ care, după poziţia lor în spaţiu, sînt :

— externi (delimitează celula în afară) ;

— interni (opuși celor dintîi, în contact cu celulele adiacente) ;

— laterali [raportaţi la axa organului, ei se numesc : radiari (drept și stîng) ; superiori (orientaţi spre vîrful organului) ; inferiori (orientaţi spre baza organului)].

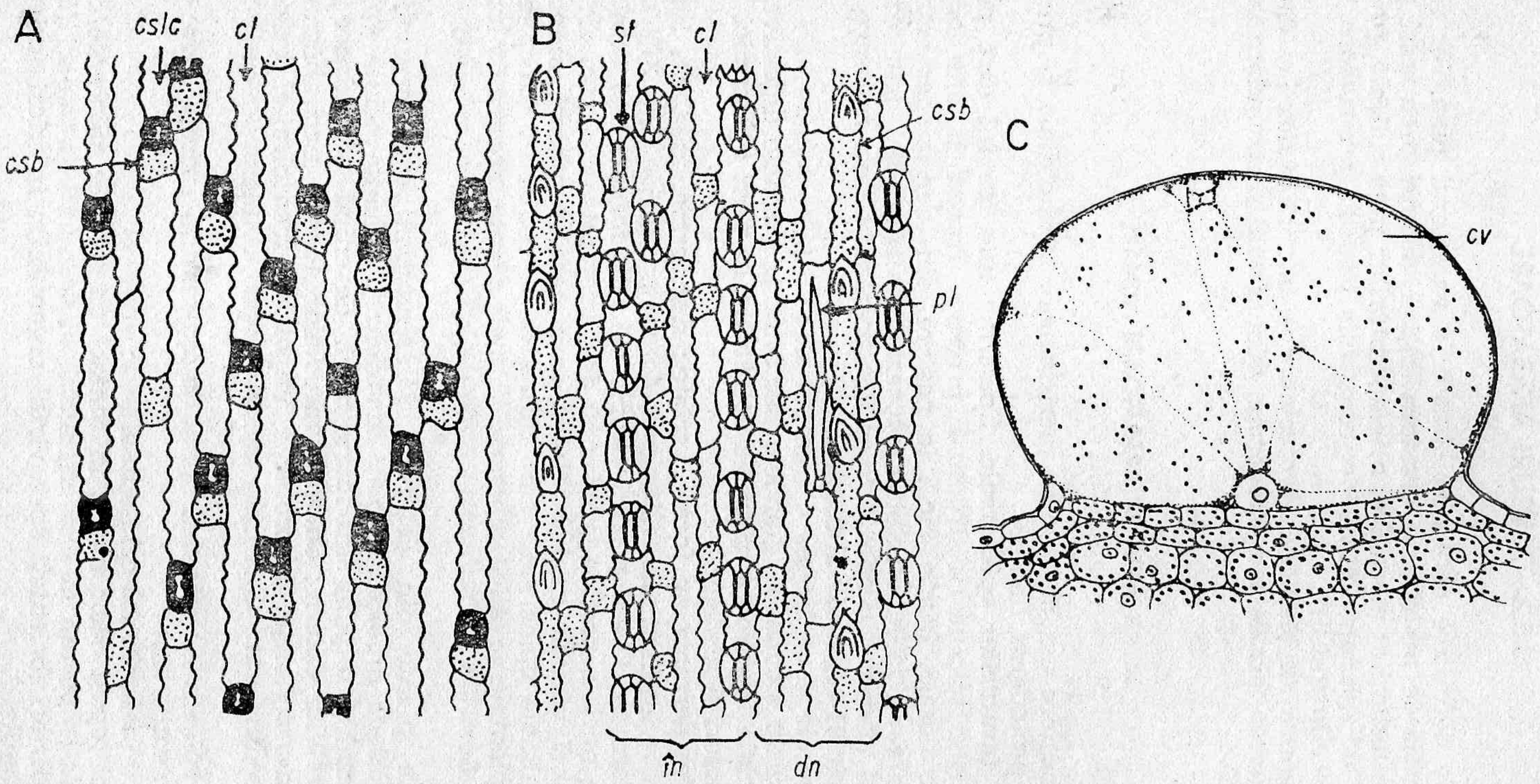


Fig. 37. Țesutul protector primar al organelor vegetative aeriene :

A — epiderma tulpinii de *Saccharum officinarum* (vedere din față); *B* — epiderma inferioară a frunzei de *Saccharum officinarum* (vedere din față); *C* — celulă epidermică veziculoasă din tulpina de *Mesembryanthemum crystalinum* (secțiune longitudinală); *cl* — celule lungi; *csb* — celule suberoase; *cslc* — celule silicioase; *cv* — celulă veziculoasă; *dn* — deasupra nervurii; *în* — între nervuri; *pt* — peri tectori (trichomi); *st* — stomată (*A*, *B* : după E s a u; *C* : după H a b e r l a n d t).

Celulele epidermale sînt acoperite cu un strat continuu de cutină, numit cuticulă. Prin prezența cuticulei și a straturilor cuticulare din pereții cutinizați, pierderile de apă (dăunătoare masei de țesuturi) sînt limitate. Același lucru se poate constata și în cazurile în care la suprafața cuticulei se depune ceară și epiderma devine în același timp neumectabilă.

Cuticula poate fi subțire *(Onobrychis)*, mai mult sau mai puțin groasă *(Alyssum, Cereus)* sau foarte groasă (la frunzele de *Aloe, Nerium* etc.); în general grosimea cuticulei este mai mare la plantele de deșert, arctice, alpine, epifile și halofile. Datorită stratului de ceară și cuticulei, pereții externi sînt netezi și strălucitori, reflectînd razele de lumină, protejînd astfel organele aeriene ale plantei de insolație.

La mărirea rezistenței mecanice contribuie impregnarea pereților cu carbonat de calciu și bioxid de siliciu. La unele specii de *Equisetum* (coada calului) silicifierea este atît de puternică încît plantele respective sînt folosite pentru lustruirea cositorului; din această cauză plantele amintite poartă și denumirea de „iarbă de cositor". În unele cazuri celulele epidermale au nu numai rol de protecție, dar contribuie la răspîndirea unor semințe, la fixarea fructelor și semințelor pe sol, precum și la alcătuirea unor învelișuri rezistente la presiune a acestor organe, datorită unor modificări secundare particulare.

Cu privire la durata de viață a epidermei, menționăm că la frunzele plantelor anuale aceasta persistă cît trăiesc plantele și frunzele lor. În schimb, la plantele precum și la organele care trăiesc mai mulți ani, datorită creșterii lor în grosime, epiderma este înlocuită din primul an al vegetației printr-un țesut secundar numit *suber*.

Există organe la care se întîlnește o epidermă multistratificată, care a rezultat din protoderm în urma diviziunilor periclinale ale celulelor, ca de exemplu la *Nerium oleander* — leandru, *Ficus elastica*, unele *Piperaceae, Bromeliaceae, Begoniaceae*.

În cazul frunzelor de la unele *Coniferales*, ca de exemplu la *Pinus* (pin), *Picea* (molid), *Abies* (brad), precum și al unor lăstari, alături de epidermă la funcția de protecție participă și straturile imediat următoare, alcătuite din celule parenchimatice cu pereții îngroșați, care constituie *hipoderma*. În această situație epiderma împreună cu hipoderma constituie un țesut de protecție multistratificat.

Dimensiunile și forma celulelor epidermice, conturul pereților laterali, aspectul cuticulei, prezența sau absența cistoliților ori a hipodermei, sînt caractere histologice cu valoare în diagnoză, prețioase pentru identificarea diferitelor specii de plante (în special a drogurilor folosite în farmacie).

Rizoderma este țesutul care protejează la exterior rădăcina cu structura primară (în regiunea piliferă); își are originea tot în dermatogen sau protoderm și este formată din celule cu toți pereții foarte subțiri, celulozici. Așa cum am văzut deja, multe din celulele ei se transformă în peri absorbanți.

Stomatele. *În țesuturile protectoare și anume în sistemul țesuturilor epidermale se găsește un tip de celule al căror rol principal este de

---

* Datorită rolului lor principal în schimbul de gaze, mulți autori le grupează alături de spațiile aerifere și de lenticele într-un țesut special, numit *aerifer*.

a înlesni schimbul de gaze dintre plantă și mediul extern. Aceste celule sînt denumite stomatice ; ele se caracterizează și prin aceea că înlesnesc degajarea vaporilor de apă, funcționînd ca aparate regulatoare ale transpirației. Stomatele se dezvoltă puțin cîte puțin în timpul creșterii foliare. Primele stomate sînt vizibile cînd primordiul foliar atinge 14 mm (ex. *Vitis vulpina*) ; unele încep să se deschidă cînd primordiul are 35—40 mm și sînt funcționale la o frunză de 50—60 mm. La *Zea mays* ele se organizează cînd celulele se alungesc rapid în sens bazipet. Stomatele se diferențiază la nivelul epidermei, din unele celule comune și pentru cele epidermale obișnuite. Altfel spus, celulele stomatice se formează prin diviziunea unor celule epidermale tinere, încă nediferențiate (meristemoide).

Alcătuirea stomatei. O stomată tipică (fig. 38, A, B) este formată din două *celule stomatice* (reniforme sau halteriforme), dispuse față în față, lăsînd între ele o deschidere numită *ostiolă*. Spre deosebire de celelalte celule ale epidermei, celulele stomatice conțin cloroplaste. Conținutul citoplasmatic al celulelor stomatice este mai bogat și nucleul mai clar decît al celulelor epidermale obișnuite ; pe lîngă cloroplaste, dispuse în jurul nucleului, se disting și mici grăuncioare de amidon.

Celulele învecinate stomatelor sînt numite *celule secundare* sau *anexe* și iau parte la funcția acestora, constituind împreună aparatul stomatic. Rolul celulelor secundare sau anexe este de a proteja celulele stomatice care uneori se găsesc cufundate printre celulele epidermale, formîndu-se în acest caz o așa-zisă anticameră (camera suprastomatică), care împiedică o transpirație prea puternică. Sub cele două celule stomatice se găsește un spațiu intercelular numit *cameră substomatică* sau „*cavitate respiratorie*“, care, deși are puține contingențe cu respirația, înlesnește totuși legătura cu toate spațiile dintre celulele vecine, contribuind astfel la alcătuirea unui întreg sistem de aerisire.

Pereții celulelor stomatice poartă denumiri diferite după configurație : cel dinspre ostiolă, îngroșat, este *peretele ventral* ; în partea opusă, spre celula anexă, se află *peretele dorsal*, mai subțire și celulozic ; *peretele extern* este acoperit de o cuticulă mai groasă sau mai subțire ; peretele opus celui extern, adică cel *intern*, nu prezintă cuticulă. Subliniem că pereții ventrali prezintă două creste, una externă și una internă, a căror alipire poate închide complet ostiola ; uneori sînt dezvoltate numai crestele externe, vizibil mai îngroșate și cutinizate. Ambele creste delimitează atriul anterior sau superior, care reprezintă deschiderea *izodială* și atriul posterior sau inferior, care reprezintă deschiderea *opistială*.

F o r m a celulelor stomatice poate fi semilunară, reniformă sau halteriformă. Ea se schimbă odată cu mișcarea de închidere și deschidere a stomatei. Această mișcare este dirijată de prezența cloroplastelor, de turgescența celulelor stomatice și de îngroșările inegale pe care le prezintă pereții acestora ; efectul acestei mișcări este reglarea evaporării apei din țesuturi.

Mecanismul deschiderii ostiolei este simplu : cînd celulele stomatice sînt saturate cu apă, iar sucul celular concentrat în glucoză, proces ce are loc datorită funcției cloroplastelor în timpul zilei, pereții subțiri se întind, curbîndu-se și trag astfel după ei pereții îngroșați, avînd ca re-

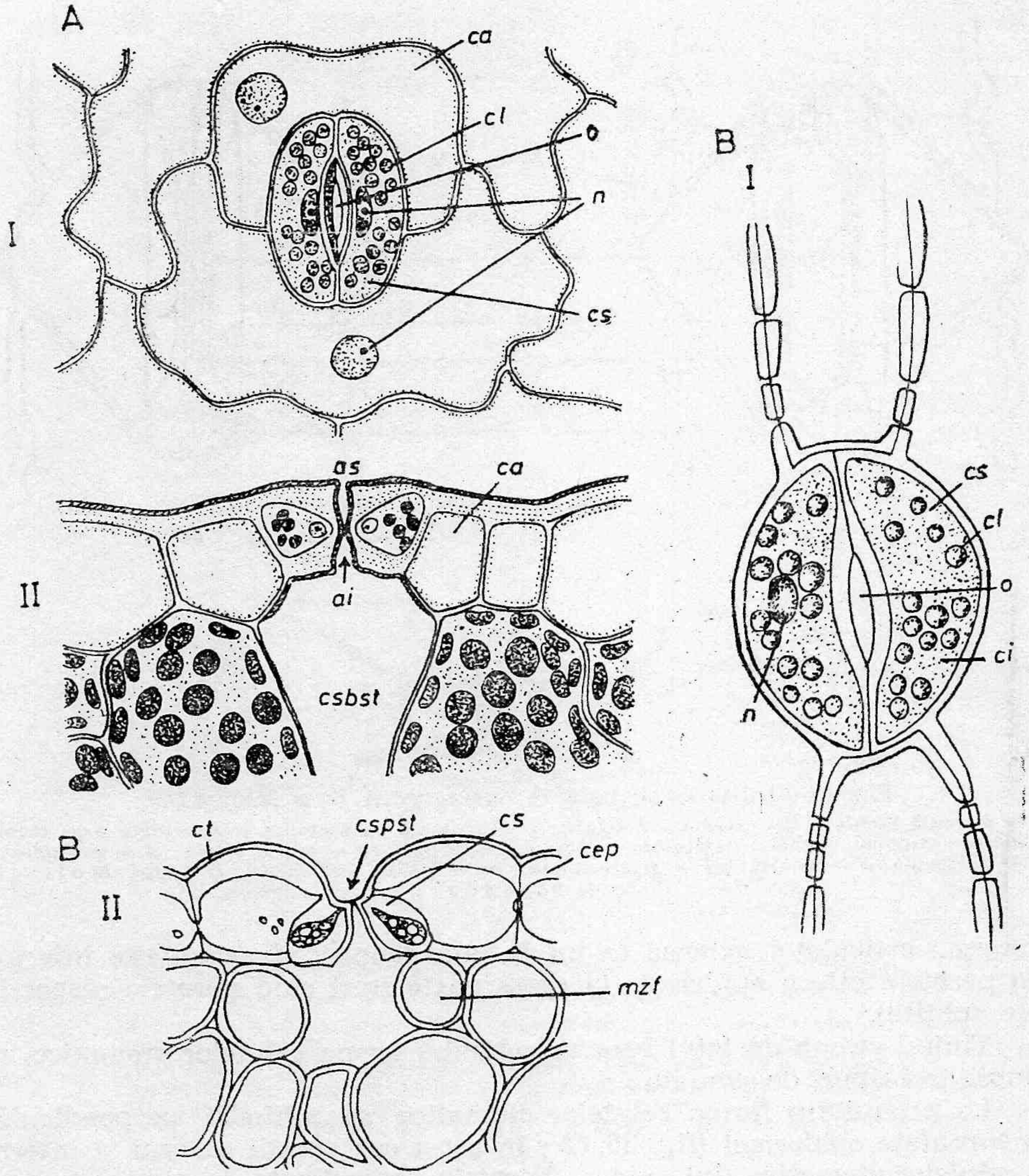


Fig. **38.** Alcătuirea stomatei la frunzele de *Thymus serpyllum* (*A*) şi *Iris germanica* (*B*) : I — secţiune superficială; II — secţiune transversală;

ai — amium inferior; *as* — atrium superior; *ca* — celule anexe; *cep* — celulă epidermică; *ci* — citoplasmă; *cl* — cloroplaste; *csbst* — cameră substomatică; *cspst* — cameră suprastomatică; *cs* — celule stomatice; *ct* — cuticulă; *mzf* — mezofil; *n* — nucleu; o — ostiolă (*A* : după K n y; *B* : după B a r î k i n a şi colab.).

zultat deschiderea ostiolei. De obicei stomatele sînt deschise în timpul zilei şi închise spre seară sau în timpul nopţii, cînd fotosinteza scade în intensitate, pînă la zero, iar sucul celular devine mai puţin concentrat (prin consumul glucozei de către plantă). Mişcarea ce are loc în timpul închiderii şi deschiderii stomatelor este înlesnită şi de existenţa unor articulaţii care se află în imediata apropiere a liniei de unire a celulei epidermice (anexe) cu peretele dorsal al celulei stomatice şi se

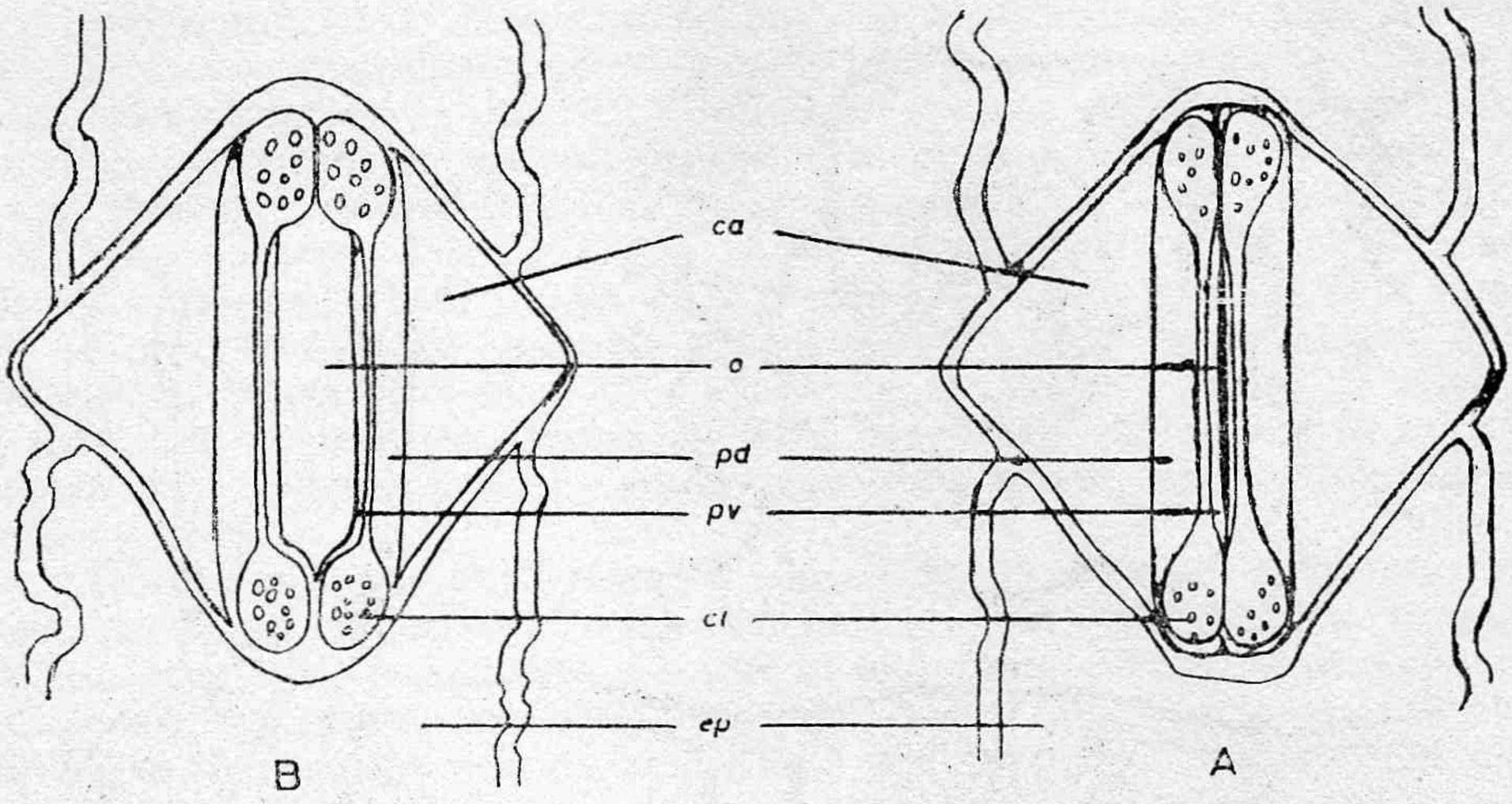


Fig. 39. Alcătuirea stomatei la *Zea mays* (*A*, *B*) și *Mnium* (*C*) :
A — stomată închisă; *B* — stomată deschisă; *C* — stomată în secțiune transversală prin frunză (*punctat* — stomata închisă; *nepunctat* — stomata deschisă); *ca* — celule anexe; *cl* — cloroplaste; *ep* — epidermă; *o* — ostiolă; *pd* — perete dorsal; *pv* — perete ventral (*A*, *B* : după M o l i s c h; *C* : după S t r a s b u r g e r).

numesc : articulație externă (a lui Schwendenner) și articulație internă, din peretele intern epidermic (aceasta poate lipsi cînd peretele respectiv este subțire).

Ținînd seama de felul cum se schimbă forma celulelor stomatice, se cunosc trei tipuri de stomate :

La primul tip forma celulelor stomatice se schimbă perpendicular pe suprafața epidermei (fig. 39, C) ; în acest caz pereții externi și interni ai celulelor stomatice sînt subțiri. Peretele ventral este de asemenea subțire, dar prevăzut cu coaste cutinizate, iar cel dorsal este îngroșat. Acest tip este răspîndit îndeosebi la mușchi și parțial la ferigi și se consideră ca fiind un tip mai primitiv (fiind numit încă și tipul „Mnium").

La tipul al doilea forma celulelor stomatice se schimbă paralel cu suprafața epidermei. Acest tip este întîlnit la *Gramineae* (fig. 39, A, B) și *Cyperaceae*, la care celulele stomatice au o formă asemănătoare cu o halteră ; la acestea capetele sînt dilatate și cu pereți subțiri, iar în partea mediană, îngustă, pereții sînt foarte mult îngroșați, atît cel dorsal cît mai ales cel ventral. Cînd turgescența din celulele stomatice crește capetele cu pereții subțiri sînt mult întinse și în felul acesta porțiunile mediane îngroșate și rigide ale celulelor se îndepărtează între ele.

Cel de-al treilea tip („*Helleborus*" sau „*Amaryllis*") (fig. 40, A, C), numit și de tranziție este cel mai răspîndit, întîlnindu-se la numeroase

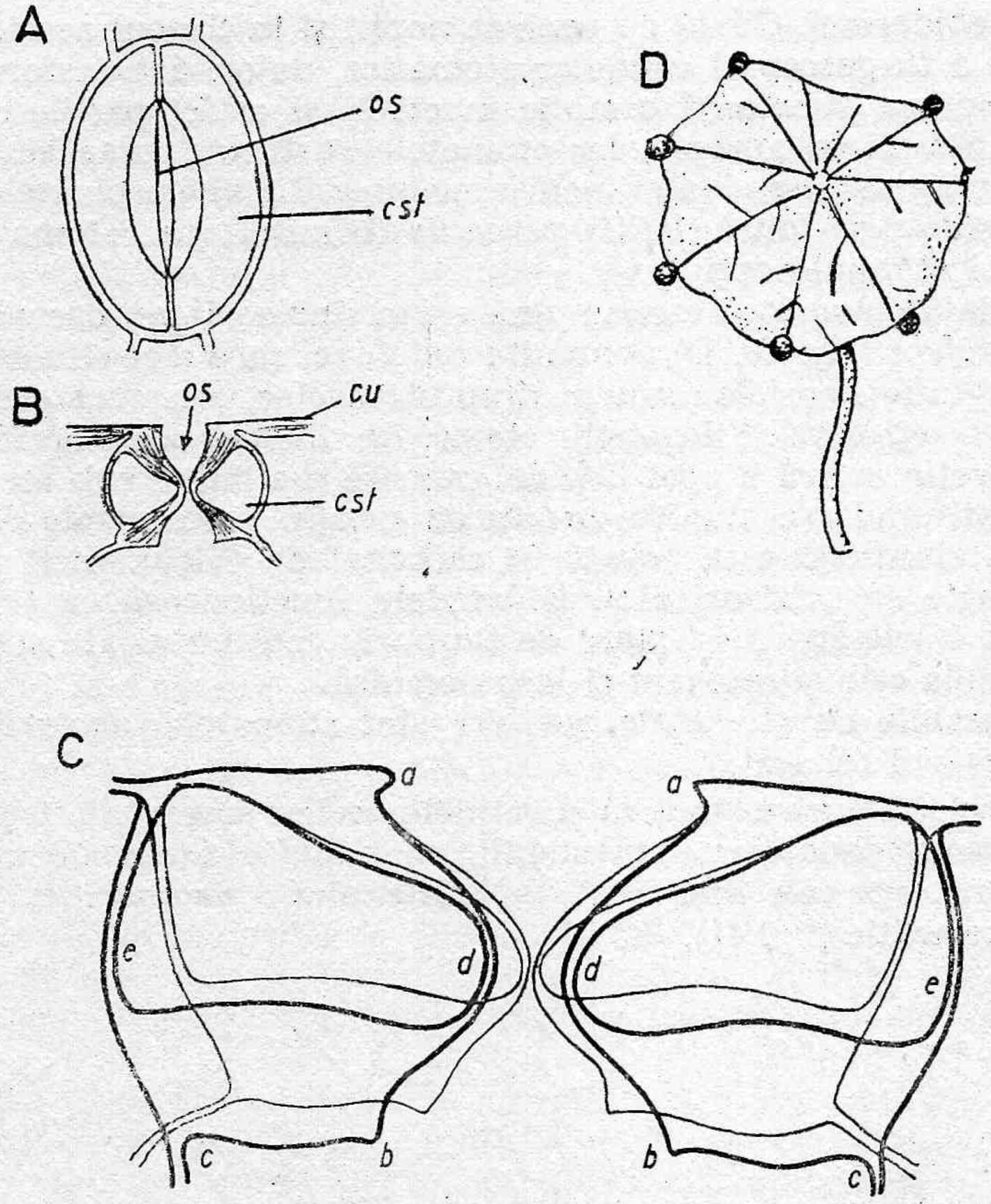


Fig. 40. Alcătuirea stomatei la *Amaryllis sp.* (*A*, *B*), *Helleborus niger* (*C*) și *Tropaeolum majus* (*D*) :

A — stomată văzută apical; *B* — stomată văzută în secțiune transversală; *C* — stomată văzută în secțiune transversală (*contur fin* — stomată închisă; *contur îngroșat* — stomată turgescentă și prin urmare, deschisă); *D* — picături de apă pe marginea limbului foliar, rezultate din gutație; *cst* — celulă stomatică; *cu* — cuticulă; *os* — ostiolă (*A*, *B*, *D* : după Strasburger; *C* : după Haberlandt).

Monocotyledonatae și *Dicotyledonatae*. La acest tip mișcarea de deschidere a stomatelor este combinată, ea făcîndu-se atît paralel cu suprafața epidermei, cît și perpendicular pe suprafața acesteia. Această mișcare se datorește faptului că peretele dorsal al celulelor stomatice este subțire, fin și elastic, iar cel ventral, în dreptul ostiolei este subțire și bombat, în timp ce spre partea externă și internă a celulei prezintă îngroșări sub formă de creste, care sînt orientate paralel cu suprafața epidermei. În timpul zilei, în celulele stomatice se formează glucoză (substanță osmotic activă), care atrage apa din celulele epidermice vecine, datorită căreia turgescența crește, iar volumul celulelor stomatice se mărește. În urma acestui proces are loc deschiderea stomatei, deoarece pereții dorsali ai celulelor stomatice se bombează înspre celulele anexe, iar pereții ventrali devin concavi, mărind ostiola. În același timp celulele stomatice, fiind întrucîtva articulate cu pereții externi ai epidermei, deviază puțin în jos sau în sus din planul

suprafeței epidermei. Odată cu venirea nopții și în timpul acesteia are loc o reducere a turgescenței celulelor stomatice, datorită transformării glucozei în amidon (substanță osmotic inactivă) și astfel părțile subțiri ale pereților ventrali se apropie, iar stomatele se închid. Așadar, stomatele sînt de regulă deschise ziua și închise noaptea. La unele plante, cum ar fi *Anemone silvestris* (oiță), *Bellis perennis* (bănuței) ș.a., stomatele rămîn deschise și în timpul nopții.

Tipurile de stomate descrise pînă acum sînt *aerifere*, dar se cunosc și stomate *acvifere* (fig. 40, D) denumite *hidatode*, care sînt situate la vîrfurile și marginile frunzelor sau în dreptul vaselor, așa cum este cazul la *Alchemilla* (crețișoară). Filogenetic ele provin din stomatele aerifere și servesc la secreția activă a apei lichide, pe care o elimină sub formă de picături, constituind așa-numitul proces de gutație. La frunzele de *Saxifragaceae* apa eliminată este bogată în carbonat de calciu, încît hidatodele apar acoperite cu solzișori albi. Hidatodele funcționează ca și stomatele aerifere. La unele specii își pierd de timpuriu conținutul viu și în această situație ostiola este permanent și larg deschisă.

Comparabile cu stomatele acvifere sînt stomatele *nectarifere*, care elimină nectarul zaharat.

După relația dintre stomată și celulele vecine (anexe), la frunzele mature ale dicotiledonatelor s-au stabilit mai multe tipuri de aparat stomatic, dintre care cele mai larg răspîndite sînt : anomocitic, anizocitic, diacitic și paracitic (fig. 41).

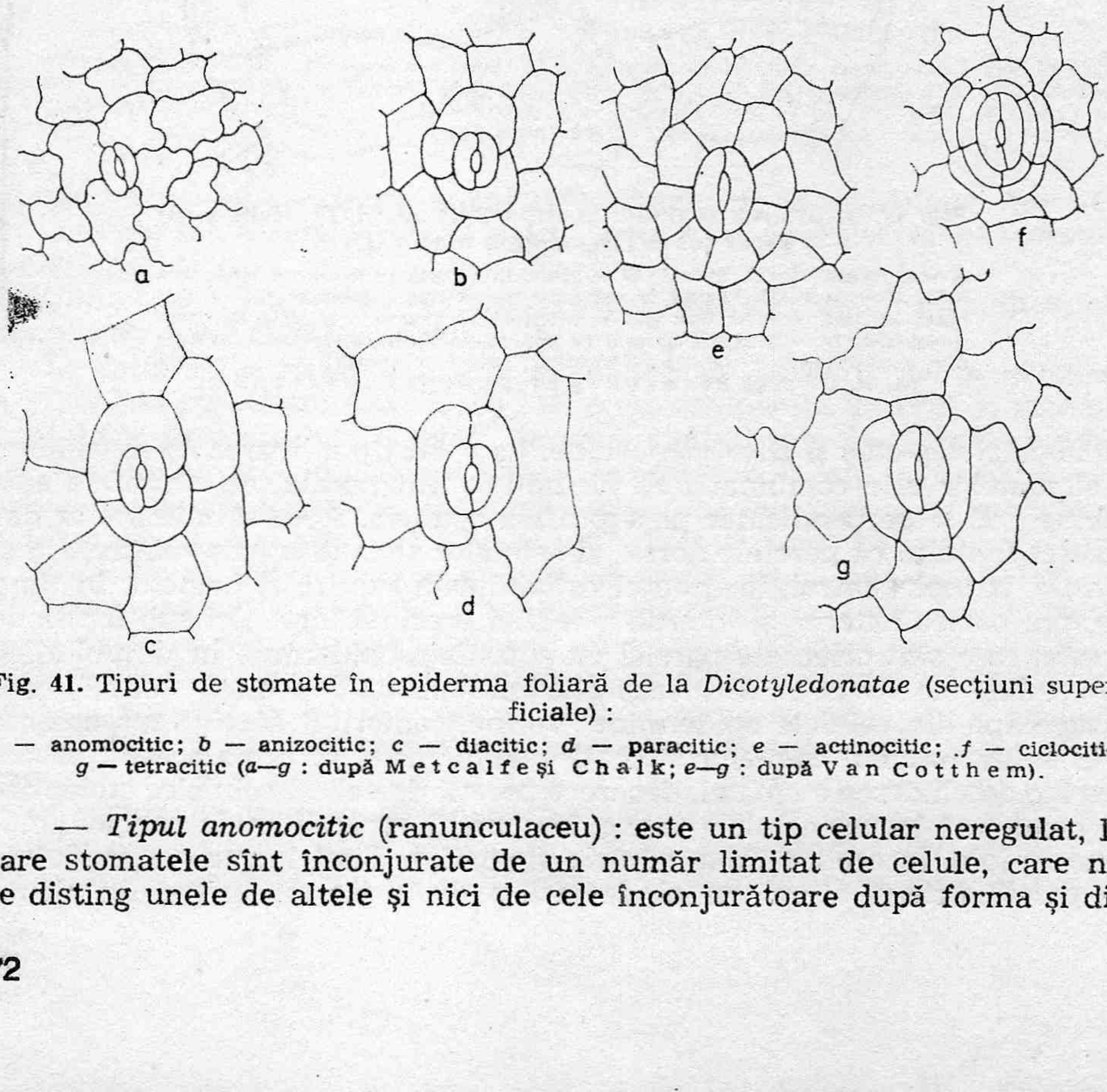


Fig. 41. Tipuri de stomate în epiderma foliară de la *Dicotyledonatae* (secțiuni superficiale) :

a — anomocitic; *b* — anizocitic; *c* — diacitic; *d* — paracitic; *e* — actinocitic; *f* — ciclocitic; *g* — tetracitic (*a*—*g* : după Metcalfe și Chalk; *e*—*g* : după Van Cotthem).

— *Tipul anomocitic* (ranunculaceu) : este un tip celular neregulat, la care stomatele sînt înconjurate de un număr limitat de celule, care nu se disting unele de altele și nici de cele înconjurătoare după forma și di-

mensiunile lor (*Ranunculaceae, Aceraceae, Cucurbitaceae, Papaveraceae, Nymphaeaceae* etc.).

— ***Tipul anizocitic*** (crucifer) : este un tip celular inegal, la care stomatele sînt înconjurate de trei celule inegale, din care una este mult mai mică decît celelalte două (*Cruciferae,* unele *Leguminosae* etc.).

— *Tipul diacitic* (cariofilaceu) : este un tip celular încrucișat, la care stomatele sînt înconjurate de o pereche de celule anexe, al căror perete comun este perpendicular pe axul mare al celulelor stomatice *(Caryophyllaceae, Acanthaceae* etc.).

— *Tipul paracitic* (rubiaceu) : este caracterizat prin prezența a două celule anexe situate paralel cu axul longitudinal al celulelor stomatice, de o parte și de alta a acestora (*Rubiaceae* ș.a.).

Poziția stomatelor este în general dependentă de diversele adaptări ecologice. Astfel, la frunzele de la *Iris germanica* (stînjenel), *Zea mays, Avena sativa* (ovăz), care au o poziție mai mult sau mai puțin verticală și deci aproape paralelă cu tulpina, stomatele sînt situate pe ambele fețe ale limbului și frunzele respective poartă denumirea de *amfistomatice* ; astfel de frunze întîlnim și la diferite dicotiledonate ierboase (ex. *Leguminosae*). La marea majoritate a plantelor frunzele sînt orientate mai mult sau mai puțin orizontal față de tulpină, iar stomatele se află numai în epiderma inferioară, fapt pentru care organele respective sînt numite *hipostomatice* ; în felul acesta transpirația este atenuată, deoarece ele sînt ferite de insolația puternică și directă. La plantele acvatice cu frunze natante, ca de exemplu la speciile de *Nymphaea* (nufăr), stomatele sînt situate numai în epiderma superioară, iar frunzele lor sînt numite *epistomatice.*

În ceea ce privește nivelul la care sînt dispuse celulele stomatice, acesta variază în funcție de condițiile de viață ale plantelor (fig. 42). Astfel, speciile care trăiesc în regiuni cu umiditate normală prezintă celulele stomatice dispuse la același nivel cu restul celulelor epidermice ; ca exemple în acest sens pot fi citate *Helleborus* (spînz), *Hyacinthus* (zambile), *Narcissus* (narcisa), *Tradescantia* (telegraf), la care nu există cameră suprastomatică. De asemenea, celulele stomatice de la unele plante ce cresc în astfel de condiții pot fi situate mult înafară față de celulele epidermice, ca de exemplu la pedunculul fructifer de la *Cucurbita pepo.* La plantele caracteristice pentru regiunile secetoase, foarte sărace în apă, stomatele sînt scufundate față de nivelul celulelor epidermice ; astfel, la *Agave, Aloe* ș.a. celulele stomatice sînt situate mai jos față de nivelul celulelor epidermice și în acest caz se formează o cameră suprastomatică care contribuie la micșorarea transpirației.

La *Nerium oleander,* stomatele sînt situate în cripte acoperite de peri ; în felul acesta ele sînt mai la adăpost (fig. 42, J).

La conifere, care au frunzele verzi și iarna, există adaptări în vederea micșorării transpirației prin aceea că se astupă camera suprastomatică cu rășini.

Stomatele sînt foarte numeroase pe lamina (limbul) frunzelor, ajungînd la milioane, ca de exemplu la *Helianthus annuus,* în schimb în epiderma petalelor stomatele sînt numeric foarte puține. În general, pe un milimetru pătrat de frunză, numărul stomatelor variază de la 10 — la *Sedum acre,* pînă la 1 200 — la *Filipendula ulmaria* (crețușcă). Trebuie

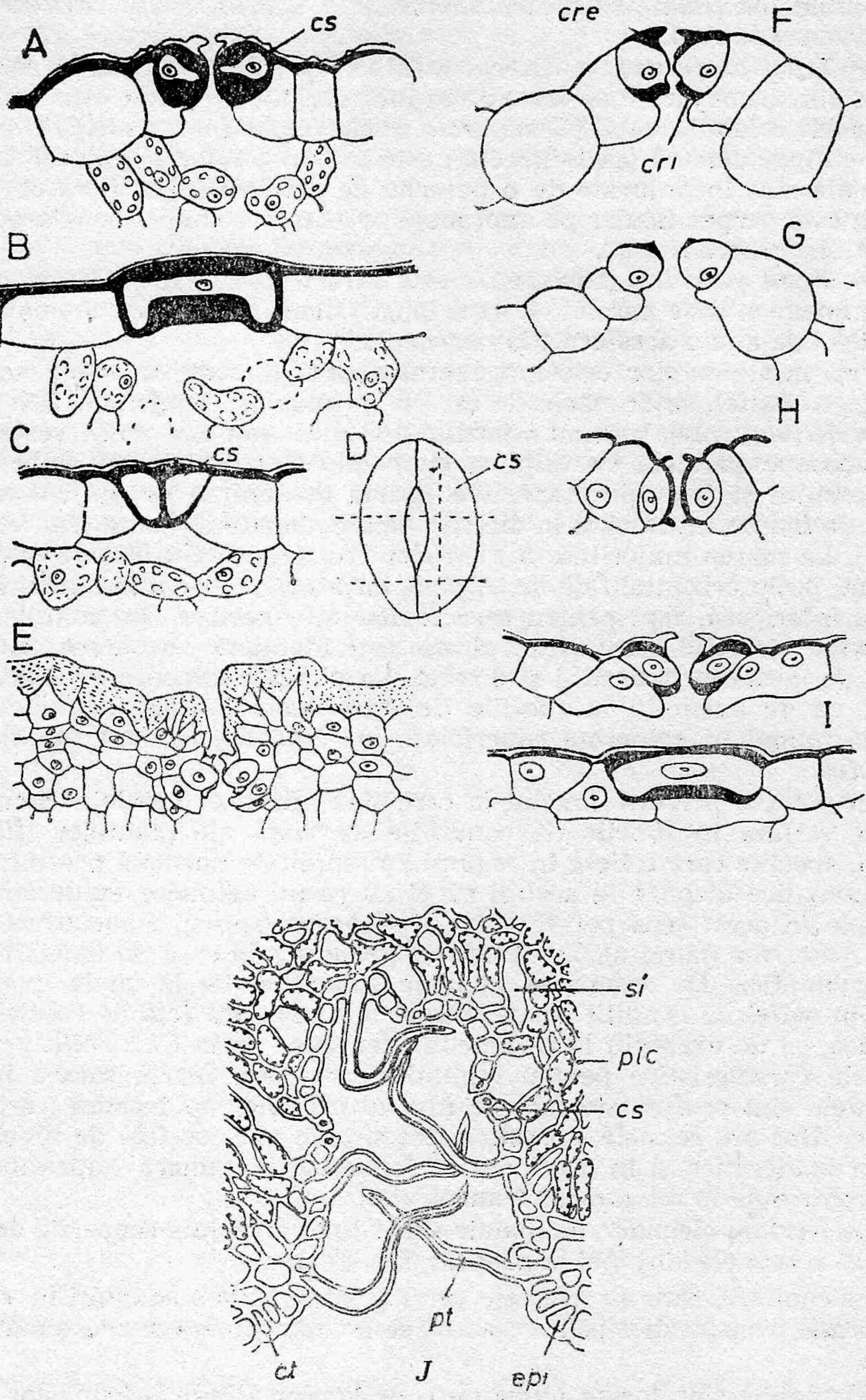


Fig. 42. Poziția stomatelor la diferite plante :

A, B, C, D — Prunus; *E — Evonymus*; *F — Pastinaca*; *G — Solanum*; *H — Musa*; *I — Hedera*; *J — Nerium*; *cre* — creastă externă; *cri* — creastă internă; *cs* — celule stomatice; *ct* — cuticulă; *epi* — epidermă inferioară; *plc* — parenchim lacunar; *si* — spațiu intercelular ; *pt* — peri tectori (*A—I* : după E s a u ; *J* : după T r o l l).

reţinut că, în general, numărul stomatelor este mai mic la plantele ierbacee şi la acelea ce-şi duc viaţa într-un mediu umed şi întunecos, faţă de plantele lemnoase şi acelea care cresc într-un mediu uscat şi bine iluminat.

Cu privire la originea stomatelor, menţionăm că acestea iau naştere din celule epidermale (fig. 43), prin simplă diviziune, în urma căreia se formează o celulă-mamă stomatică, mai mică, bogată în conţinut şi o alta mai mare, din care se va forma celula secundară (anexă) a stomatei. Din celula-mamă, care se rotunjeşte, se formează cele două celule stomatice, prin apariţia unui perete longitudinal ; în acest caz ostiola ia naştere pe cale schizogenă, ca la *Hyacinthus orientalis*.

În cazul în care un aparat stomatic prezintă mai multe celule secundare (anexe), acestea pot lua naştere prin diviziuni repetate, în direcţii diferite, dintr-o celulă epidermală (ca la *Crassulaceae*, tip cunoscut şi la frunzele de la *Bennettitales*). Acest tip de stomate este numit *sindetocheil*, celulele stomatice şi celulele secundare avînd originea în una şi aceeaşi celulă iniţială. În cazul în care celulele secundare se formează prin diviziuni ale unor celule epidermale tinere, vecine cu stomatele, ca de exemplu la *Tradescantia* sau la *Cycadales*, stomatele sînt de tip *haplocheil*, deci celulele stomatice şi cele secundare provin din iniţiale diferite.

Perii tectori sau *protectori*. Epiderma plantelor superioare este aproape totdeauna înzestrată cu *peri tectori* sau *trihomi*, care nu sînt altceva decît celulele epidermice ce încep să se alungească şi să se diferenţieze, constituind peri unicelulari sau pluricelulari ; aceştia lipsesc la *Coniferales* şi la multe plante acvatice, cum ar fi *Lemna* (lintiţa), *Potamogeton* (broscăriţa) ş.a.

Perii nu sînt totdeauna formaţiuni permanente ; ei pot exista în stadiul tînăr al plantei, iar în stadiul adult cad ; un exemplu în acest sens îl constituie frunzele tinere din mugurii de la *Juglans regia*, care au peri, dar care ajunse în stadiul adult sînt lipsite de aceştia. În general perii sînt prezenţi pe tulpini şi frunze, dînd acestora un aspect deosebit. La plantele care trăiesc în regiuni alpine, ca de exemplu la *Leontopodium alpinum* (albumiţa), perii sînt foarte abundenţi, dînd un aspect alb-argintiu întregii plante, iar bracteele mari de la subsuoara inflorescenţei au un aspect catifelat tocmai datorită acestora.

La un păr deosebim totdeauna o *parte bazală* (înfiptă în epidermă), numită *picior sau peduncul* (uneori conţine cloroplaste), care se continuă cu o parte liberă sau terminală, denumită *corpul* sau *capul părului* ; acesta poate fi variat ca formă : dilatat sau ascuţit, drept sau arcuit etc. Celulele din vecinătatea părului se numesc celule anexe şi de obicei sînt dispuse inelat sau stelat. În general, celula sau celulele unui păr prezintă pereţi modificaţi secundar, datorită funcţiei pe care o îndeplinesc. Astfel, peretele poate fi mineralizat, ca la *Campanula* (clopoţei) sau lignificat, ca la *Cucurbita pepo* şi de obicei este prevăzut cu o cuticulă mai mult sau mai puţin dezvoltată.

Perii pot fi clasificaţi în unicelulari şi pluricelulari.

P e r i i u n i c e l u l a r i provin prin alungirea celulelor epidermale ; dintre aceştia se cunosc *papilele*, cu rol atît în secţia de uleiuri volatile, cît şi ca rezervoare de apă. Papilele sînt prezente pe tulpini, ca la *Saponaria* (săpunariţă), pe lamina frunzelor, ca la *Pelargonium* (muşcata) sau pe petale,

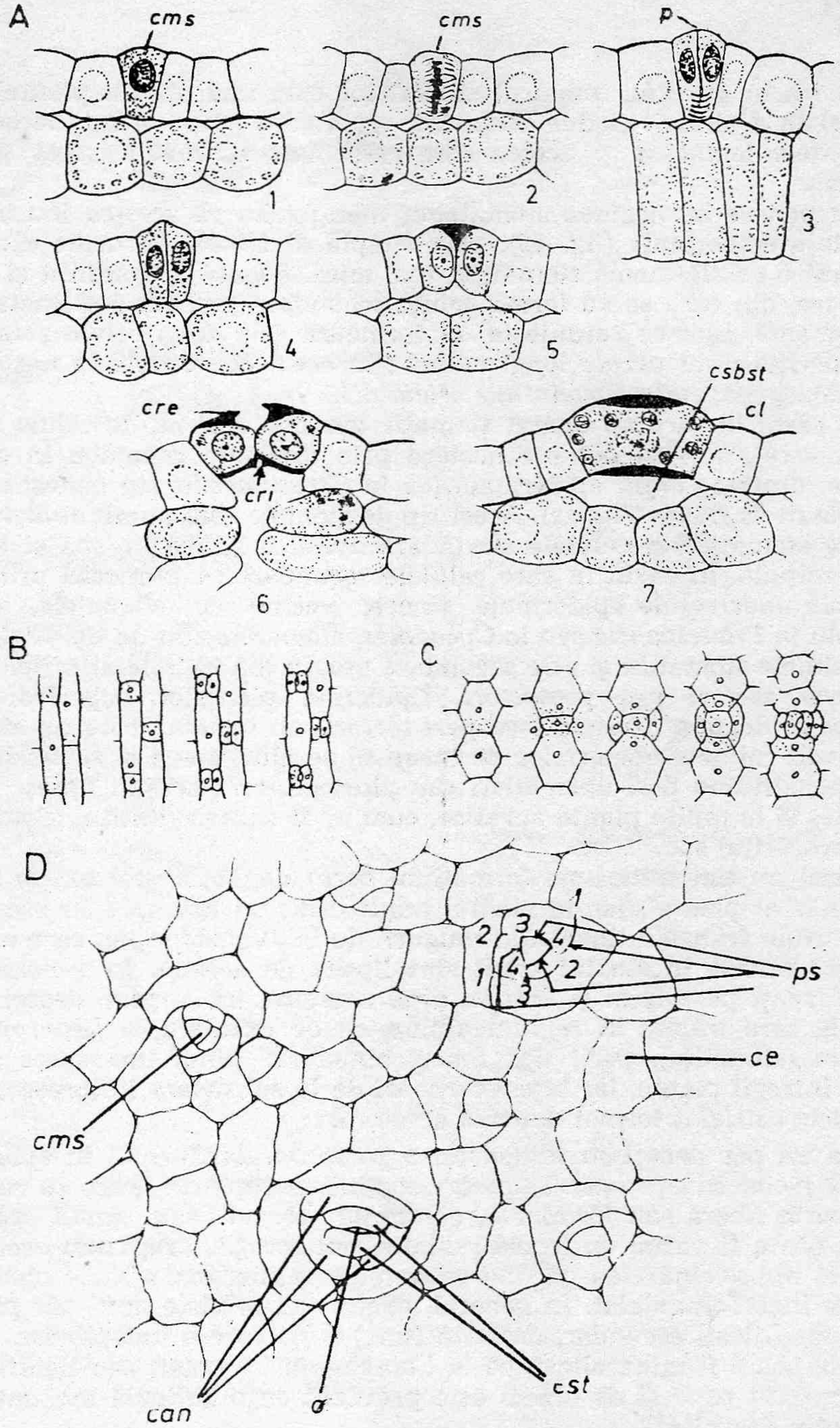


Fig. 43. Dezvoltarea stomatelor la diferite plante :

A — Nicotiana tabacum; *B — Iris*; *C — Tradescantia*; *D — Aeonium*; *1—3* — celule mame ale stomatelor înainte şi după diviziune; *4—5* — celule stomatice tinere; *6* — celule stomatice mature; *7* — celulă stomatică matură, secţionată paralel cu axul ei lung; *can* — celule anexe; *ce* — celule epidermale; *cl* — cloroplaste; *cms* — celulă mamă a stomatei; *cre* — creastă externă; *cri* — creastă internă; *csbst* — cameră substomatică; *cst* — celulă stomatică; *o* — ostiolă; *p* — perete de diviziune; *ps* — pereţi succesivi (*A*: după E s a u; *B, C*: după S t r a s b u r g e r; *D*: după I. T. T a r n a v s c h i şi colab.).

ca la *Viola* (fig. 44, C) și dau un aspect catifelat organului respectiv ; uneori se află pe stigmatul florilor, ca la *Primula* (ciuboțica cucului).

Perii unicelulari pot fi în formă de tuburi, așa cum sînt cei *radiculari*, care au peretele fin celulozic și un conținut bogat în apă ; ei înlesnesc absorbția din sol a apei cu substanțele minerale dizolvate în ea (fig. 44, B).

De asemenea, perii unicelulari pot avea formă conică, ca cei de la *Urtica* (fig. 44, A), care prezintă o particularitate în construcția lor : piciorul este umflat, plin cu suc celular și cu pereții subțiri, calcifiați ; în partea bazală a părului, într-o pungă citoplasmatică, se află nucleul, iar din jurul acestuia pornesc cordoane citoplasmatice spre sacul citoplasmatic parietal. Celulele epidermale vecine înconjură părul ca o cupă și prin înmulțirea lor rezultă un *soclu* scurt, columnar. Celula părului, alungită și din ce în ce mai îngustată spre vîrf, se termină cu o porțiune asemănătoare unei gămălii, așezată oblic, care este foarte fragilă (ca sticla) și sub care peretele părului rămîne subțire, dar este silicifiat. La cea mai mică atingere gămălia se rupe oblic, iar capătul ia forma unui ac de seringă, care pătrunde ușor în piele și prin care se varsă conținutul ; acesta cuprinde formiat de sodiu, acetilcolină și histamină, care produc o inflamare a locului respectiv, însoțită de o durere arzătoare.

În general, perii unicelulari au pereții fie subțiri și moi, fie mult îngroșați, rigizi, chiar lignificați, calcifiați sau silicifiați ; uneori vîrfurile sînt ascuțite, ca la perii setiformi.

P e r i i p l u r i c e l u l a r i sînt formați, în cazul cel mai simplu, din șiruri de celule neramificate, ca la *Mentha piperita* (fig. 45, A) ; alteori pot fi *solzoși* sau stelați, avînd aspectul unor discuri pluricelulare, în centrul cărora se află piciorul pluricelular, de la care pornesc radiar celulele părului ramificat, ca la *Elaeagnus angustifolia* (salcia mirositoare) (fig. 45, B). Perii pluricelulari pot avea și formă de *corpuri celulare*.

O altă clasificare a perilor, fie unicelulari, fie pluricelulari, distinge peri *simpli* și *ramificați*.

P e r i i u n i c e l u l a r i r a m i f i c a ț i, ca de exemplu la *Matthiola annua* (micsandră) (fig. 45, D 1), au celula foarte mult ramificată, peretele gros, prevăzut cu veruculi fini și un lumen redus. La *Cheiranthus cheiri* (micșunea) (fig. 45, D 2, D 3) perii unicelulari au numai două ramificații, paralele cu suprafața organului ; la petalele de la *Viola tricolor* (trei frați pătați), în afară de papile sînt și peri unicelulari simpli, lungi și cu proeminențe noduroase (fig. 45, E).

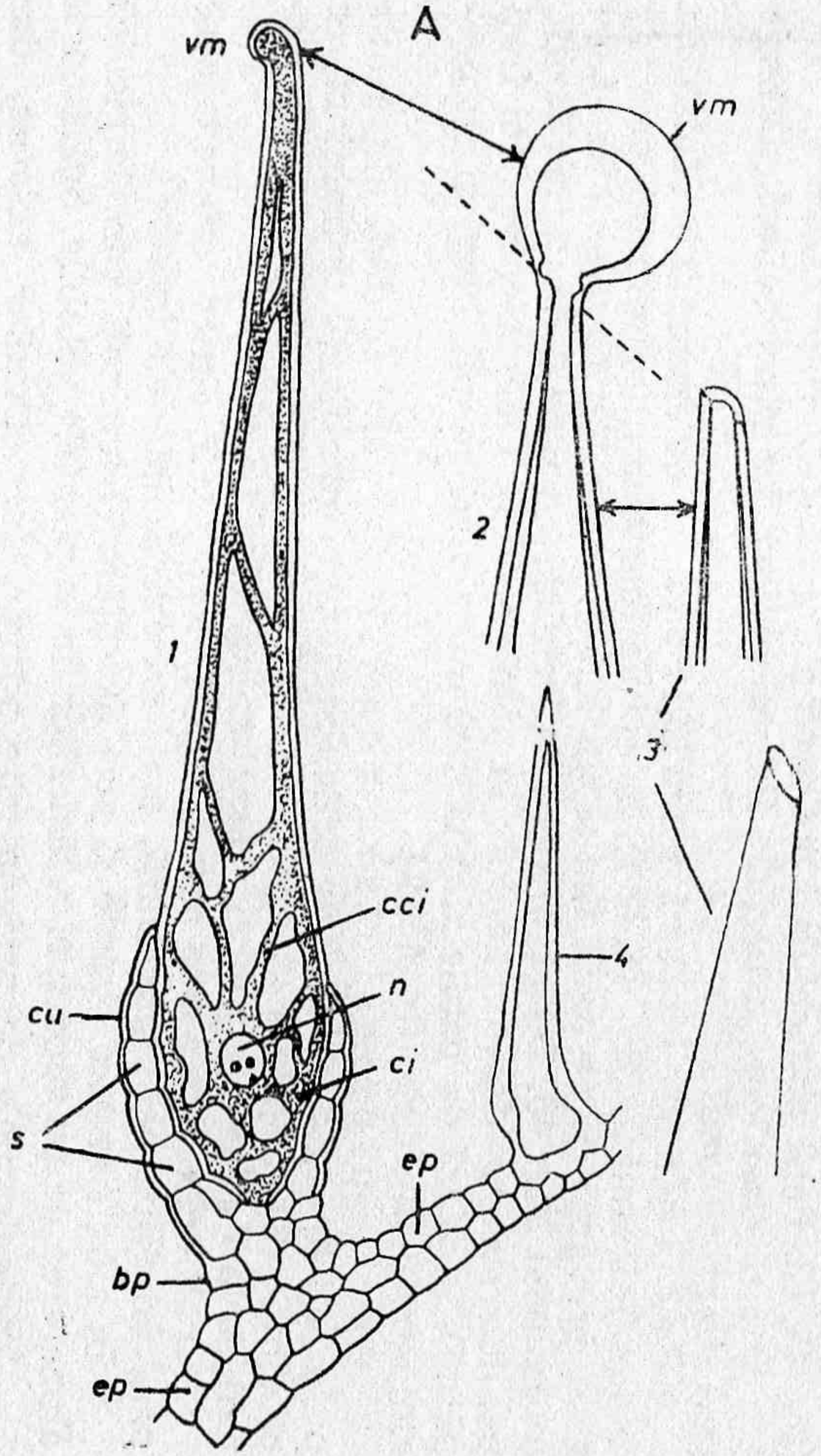
P e r i i p l u r i c e l u l a r i r a m i f i c a ț i sînt formați din celule puse cap la cap ; la locul de articulare există ramificații unicelulare, ce prezintă partea apicală ascuțită ; astfel de ramificații apar dispuse în verticil, ca la *Verbascum thapsiforme* (lumînărică) (fig. 45, C).

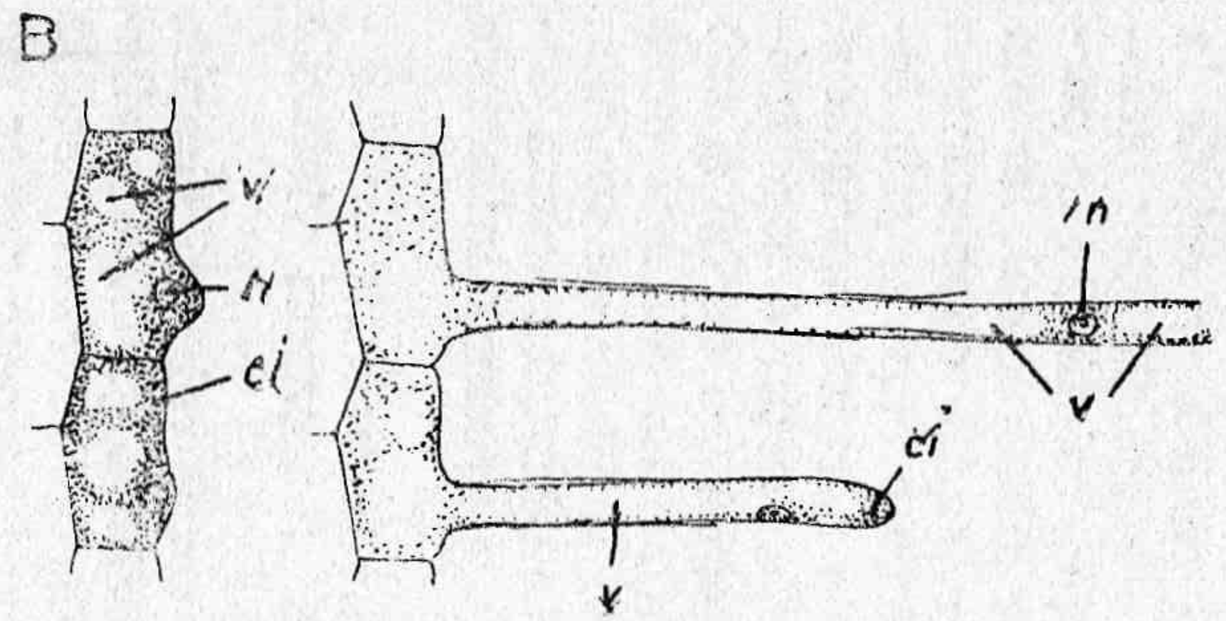
O altă clasificare este aceea în peri *morți* și *vii*, dintre care se cunosc *perii sensitivi*, *perii glandulari*, *perii arcuați* (hidatodele închise).

În sfîrșit se mai cunosc și *peri de cățărare*, uncinați, care împiedică alunecarea de pe suporturi a lăstarilor de la plantele volubile, agățătoare.

Toate formele de peri descrise aparțin *formațiunilor externe*, dar există și „*peri interni*“, prezenți în aerenchimul unor *Nymphaeaceae*, în rădăcinile aeriene de la *Monstera*, *Dryopteris filix-mas* etc.

La început toți perii sînt vii și prezintă curenți protoplasmatici foarte activi, ca de exemplu la *Cucurbita* (fig. 45, F) ; așa sînt și perii ra-





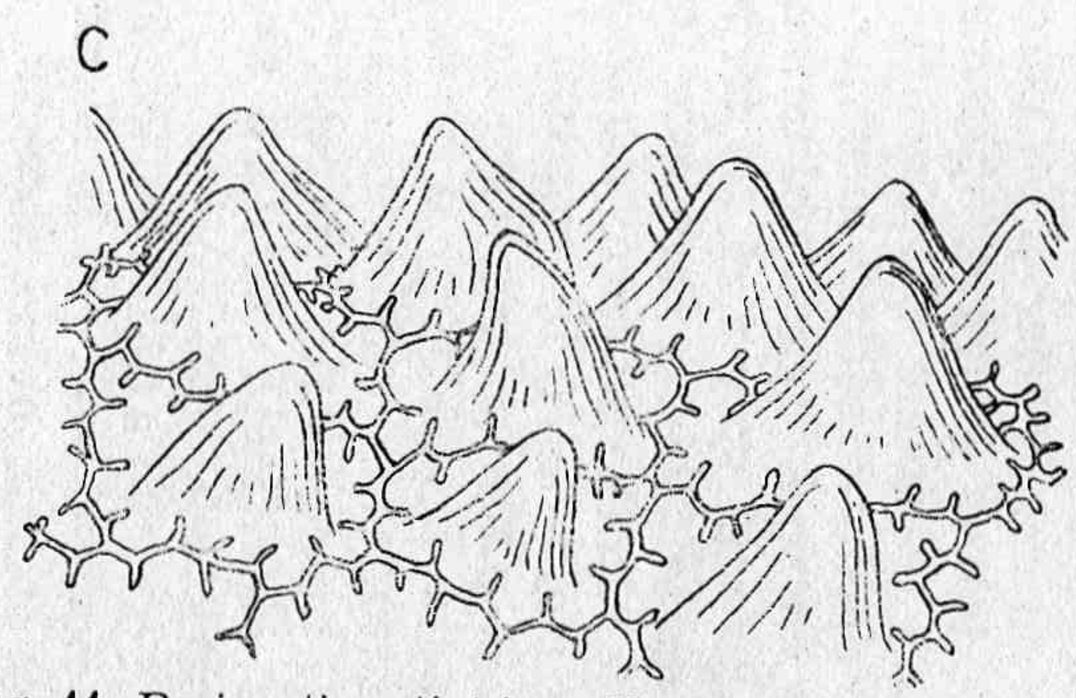


Fig. 44. Peri urticanți (*A* — *Urtica dioica*), peri radiculari (*B*) și papile epidermice (*C* — *Viola* sp.) :

1 — păr întreg; *2* — vîrful întreg al părului; *3* — păr cu vîrful rupt; *4* — păr subulat; *bp* — baza părului; *cci* — cordoane citoplasmatice; *ci* — citoplasmă; *cu* — cuticulă; *ep* — epidermă; *n* — nucleu; *s* — soclu; *v* — vacuolă; *vm* — vîrful măciucat (*A* : după I. T. Tarnavschi și colab.; *B* : după Strasburger; *C* : după Molisch).

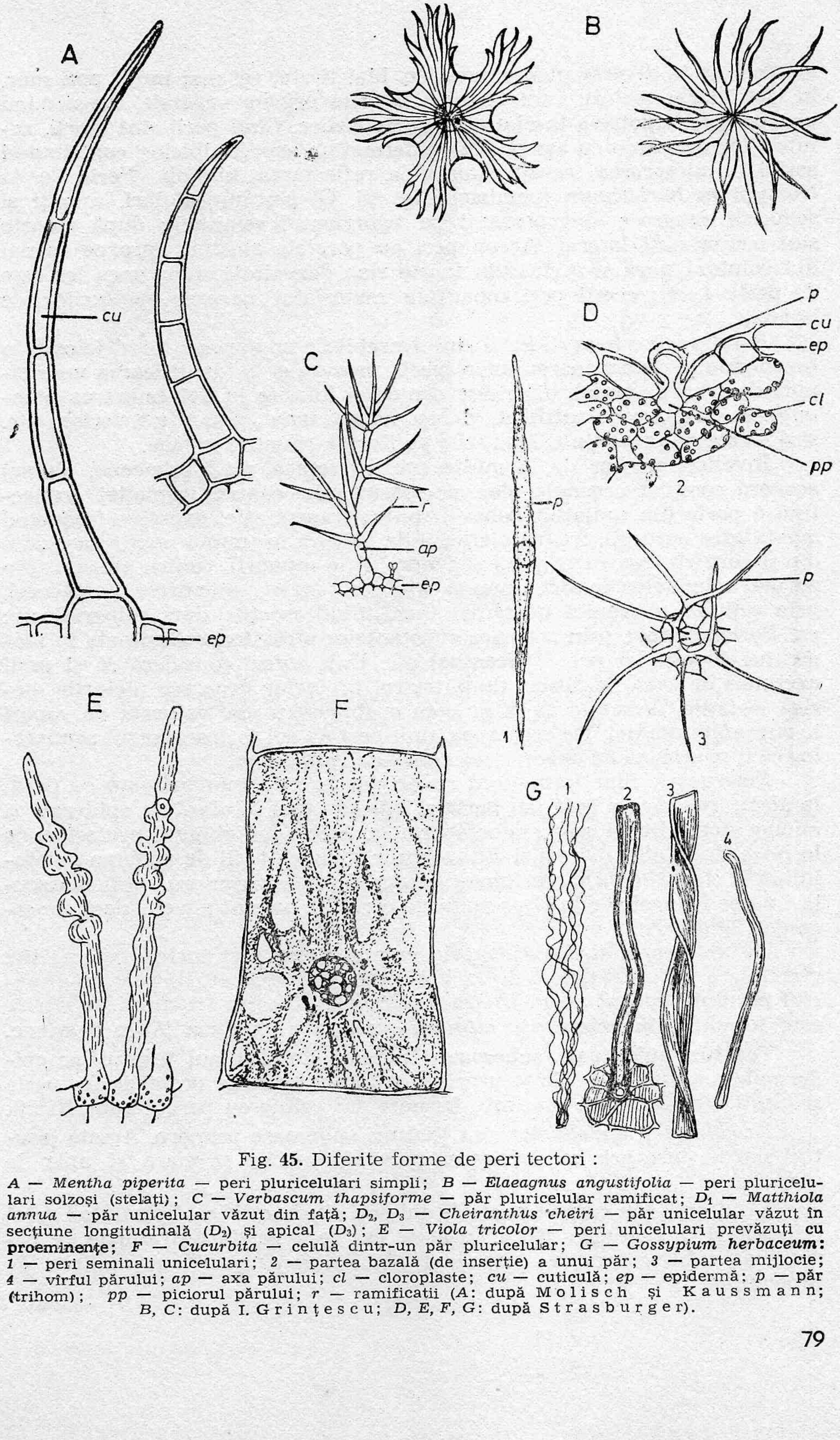


Fig. **45.** Diferite forme de peri tectori :

A — *Mentha piperita* — peri pluricelulari simpli; *B* — *Elaeagnus angustifolia* — peri pluricelulari solzoși (stelați); *C* — *Verbascum thapsiforme* — păr pluricelular ramificat; D_1 — *Matthiola annua* — păr unicelular văzut din față; D_2, D_3 — *Cheiranthus cheiri* — păr unicelular văzut în secțiune longitudinală (D_2) și apical (D_3); *E* — *Viola tricolor* — peri unicelulari prevăzuți cu **proeminențe**; *F* — *Cucurbita* — celulă dintr-un păr pluricelular; *G* — *Gossypium herbaceum*: *1* — peri seminali unicelulari; *2* — partea bazală (de inserție) a unui păr; *3* — partea mijlocie; *4* — vîrful părului; *ap* — axa părului; *cl* — cloroplaste; *cu* — cuticulă; *ep* — epidermă; *p* — păr (trihom); *pp* — piciorul părului; *r* — ramificatii (*A*: după Molisch și Kaussmann; *B*, *C*: după I. Grințescu; *D*, *E*, *F*, *G*: după Strasburger).

diculari de la diverse plante acvatice. Mai tîrziu, cei mai mulţi peri mor, în special cei tectori, care acoperă diferite organe vegetale, constituind un obstacol împotriva insolaţiei prea puternice. Cînd perii sînt morţi, celulele lor se umplu cu aer şi dau epidermei un aspect albicios, contribuind astfel la micşorarea transpiraţiei şi la reflectarea luminii. Perii de la *Gossypium herbaceum* (bumbac) (fig. 45, G) sînt unicelulari, numiţi şi seminali deoarece sînt prezenţi pe tegumentul seminţei ; după moarte sînt comprimaţi lateral. Aceşti peri au peretele alcătuit aproape numai din celuloză pură şi o cuticulă foarte slab dezvoltată. Lungimea lor este de peste 4 cm ; aceşti peri constituie materialul necesar ţesăturilor de bumbac.

Rolul perilor tectori. Perii sînt deosebit de importanţi, fiind folosiţi în taxonomie la determinarea unor specii, precum şi la identificarea unor tipuri de frunze. Astfel, diferitele denumiri folosite în determinarea plantelor, ca de exemplu catifelat, glabru, hirsut, lanat, pubescent, sericeu etc. sînt legate de prezenţa şi însuşirile perilor pe anumite organe.

Învelişul perilor de la multe specii (stepice, mediteraneene, alpine) acoperă complet organele plantei, apărîndu-le contra insolaţiei (reflectînd o parte din radiaţiile solare), contra transpiraţiei excesive (reducînd mobilitatea aerului), contra pierderii de căldură în timpul nopţii (la plante din deşerturi), contra frigului şi umezelii (la muguri), contra atacului din partea animalelor (omizi, insecte fitofage, melci, mamifere ierbivore), prin acţiunea mecanică de rănire (perii fiind ascuţiţi, duri, mineralizaţi : ex. *Boraginaceae),* prin acţiunea substanţelor otrăvitoare eliminate în momentul ruperii lor (ex. *Urticaceae*) etc. Unii autori consideră că şi perii excretori ar avea, în acelaş timp, un rol protector deoarece uleiurile eterice, volatile, secretate de ei ar crea o atmosferă mai saturată de vapori la suprafaţa plantei. De asemenea, unii peri au rol în transportul seminţelor ce îi poartă, ca de exemplu la *Salix, Populus* ş.a.

Emergenţe. Sînt formaţiuni cu origine mixtă, asemănătoare cu perii, la alcătuirea cărora însă iau parte şi alte ţesuturi în afară de epidermă şi anume straturile de celule subepidermale. Spinii sau ghimpii protectori de la *Rosa* (trandafir, măceş) şi *Rubus* (mur, zmeur), ţepii de pe cupa fructului de la *Aesculus hippocastanum* (castanul porcesc comun), perii tentaculari de pe frunzele de la *Drosera* (roua cerului), nu sînt altceva decît emergenţe (fig. 46, A).

De asemenea, tot în categoria emergenţelor sînt incluse vilozităţile glandulare de pe stipelele de la *Viola* (pansea) (fig. 46, B) precum şi soclul părului urticant de la *Urtica* (urzica vie). Carnea fructului de citrice este formată din *emergenţe interne,* care cresc spre cavităţile ovariene.

Ţesuturi apărătoare suberoase. În afară de sistemul ţesuturilor epidermale, tot din categoria ţesuturilor apărătoare sau de protecţie fac parte şi *ţesuturile suberoase primare,* formate din celule cu pereţii suberificaţi.

Exoderma şi *endoderma* sînt ţesuturi suberoase primare. Aceste ţesuturi iau naştere prin suberificarea parenchimurilor primare şi apar la rădăcină.

Exoderma sau *cutisul* poate fi uni-sau pluristratificată, preluînd rolul rizodermei în regiunea aspră. În acest caz se suberifică straturile de parenchim subrizodermale, care mai sînt cunoscute sub denumirea de hipodermă.

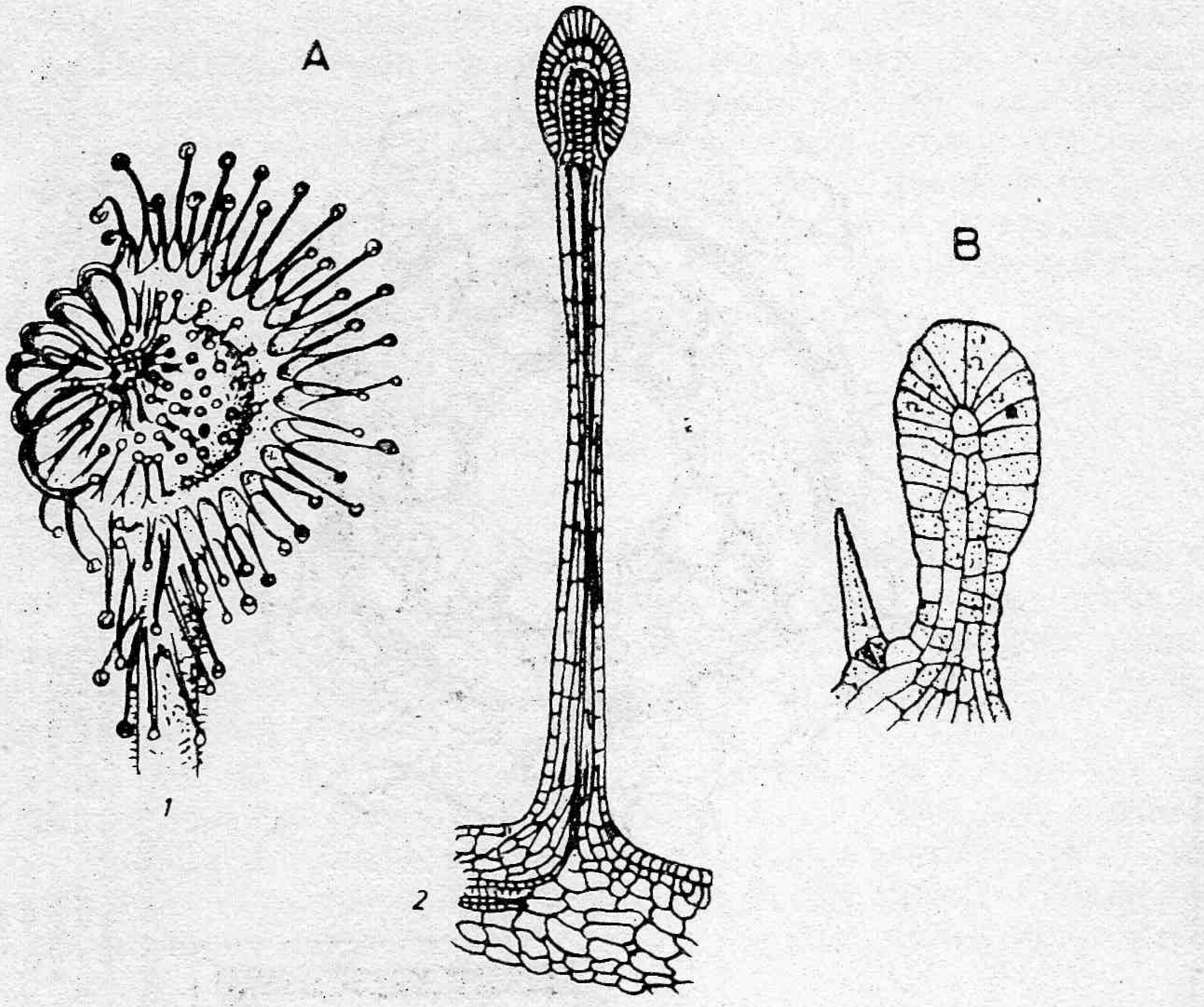


Fig. **46.** Tentacule glandulifere la *Drosera rotundifolia* (*A*) și vilozitate glandulară la *Viola tricolor* (*B*) :

1 — limb foliar cu tentacule; *2* — structura unui tentacul; în *B* se observă epitelii glandulare pe stipele (după S t r a s b u r g e r).

Suberificarea unei celule din țesutul protector are loc prin depunerea straturilor de suberină pură, amorfă, peste peretele primar, care uneori — deși este stratificat cu suberină la interior — este acoperit totuși spre lumenul celulei de un strat de celuloză pură.

Endoderma este cel de-al doilea țesut suberos primar, întotdeauna unistratificată, reprezentînd ultimul strat intern al scoarței. Endoderma tipică se găsește în rădăcină, mai rar în tulpină și separă cilindrul central de scoarță, fiind alcătuită inițial din celule vii, de formă prismatică sau alungită și fără spații intercelulare (fig. 47). În stadiul tînăr celula endodermică prezintă perete celulozic elastic ; cu timpul, peste pereții radiari ai celulelor apare o fîșie neelastică, dintr-o substanță a cărei compoziție nu este însă cunoscută, de natură lipidică și cu conținut de lignină (suberoidă). Prin scăderea turgescenței, pereții celulelor endodermice (fiind elastici) se scurtează, iar acea fîșie de pe pereții radiari, greu permeabilă pentru multe substanțe hidroinsolubile, apare în secțiuni longitudinal-radiare ca o bandă mai închisă, în secțiuni longitudinal-tangențiale ca o linie ondulată, iar în secțiuni transversale ca o îngroșare fusiformă de culoare închisă, deși în realitate această porțiune nu este mai groasă decît restul peretelui celular și poartă denumirea de punctele (cordoanele) lui Caspary.

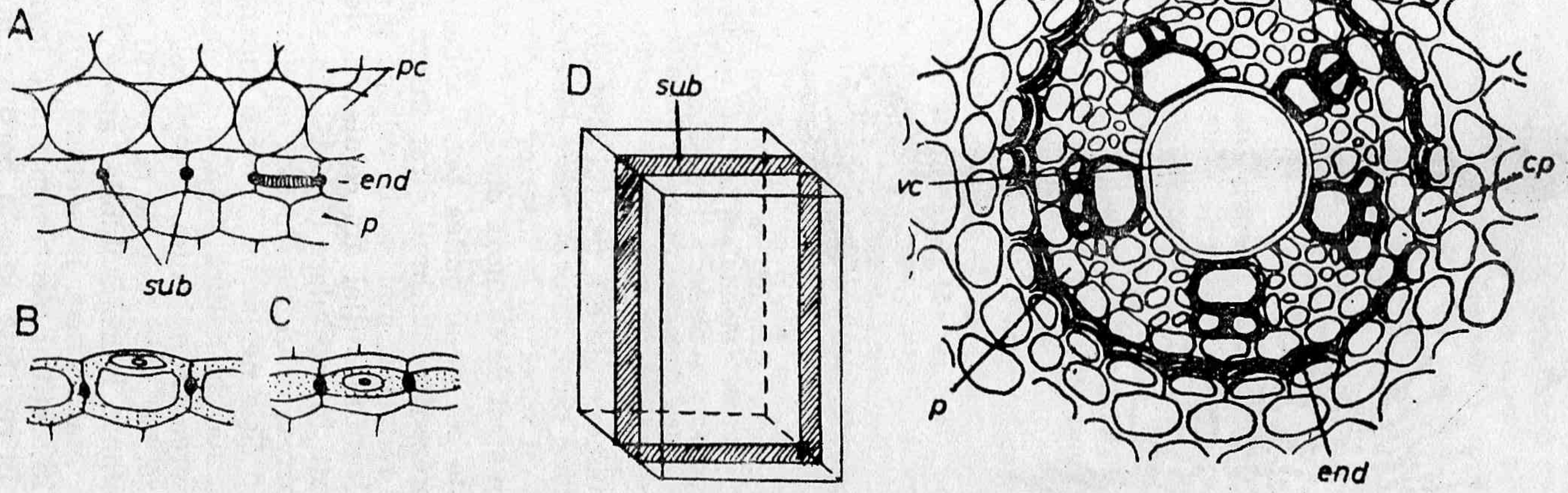


Fig. 47. Endoderma radiculară :

A — poziția endodermei între parenchimul cortical și periciclu; *B* — celule dintr-o endodermă turgescentă; *C* — celule dintr-o endodermă plasmolizată; *D* — celulă endodermică cu banda (suberificată) sau brîul lui Caspary; *E* — secțiune transversală prin rădăcina de *Allium ascalonicum*; *cp* — celulă de pasaj; *end* — endodermă; *p* — periciclu (pericambiu); *pc* — parenchim cortical; *sub* — bandă suberificată; *vc* — vas central metaxilematic (*A, B, C, D*: după C a m e f o r t; *E*: după S t r a s b u r g e r).

La unele celule din endoderma mai bătrînă se adaugă un strat de suberină, iar la altele, straturi groase delignificate, care nu se depun pe toate laturile, ci unilateral și în secțiune transversală ele apar de forma literei U. În celulele unei astfel de endoderme conținutul moare, apa nu mai poate trece prin ele și astfel acestea constituie un țesut de rezistență, protejînd cilindrul central. Circulația apei în sens radiar se realizează totuși la nivelul unor celule fără îngroșări, numite „celule de trecere sau de pasaj".

3.5.2.2. ȚESUTURI APĂRĂTOARE SECUNDARE

Ca origine, ele iau naștere din activitatea meristemului secundar numit felogen. La plantele, precum și la organele care trăiesc mulți ani, datorită creșterilor în grosime epiderma este înlocuită din primul an al vegetației cu un țesut secundar numit suber, rezultat în urma diviziunilor repetate ale felogenului.

Felogenul rezultă din dediferențierea celulelor definitive ale epidermei sau ale scoarței primare, periciclului și chiar liberului secundar. Celulele țesuturilor definitive ale zonelor anatomice menționate se divid prin doi pereți periclini, paraleli, rezultînd din fiecare cîte trei celule fiice, din care cea mijlocie, intercalară, are caracter meristematic, devenind celulă de *felogen*. Celulele felogenului cresc îndeosebi radiar, se divid prin pereți periclini, producînd celule care se vor comporta în mod diferit: cele de la exteriorul felogenului se vor diferenția și vor forma suberul (peretele lor suberificîndu-se), iar cele de la interior vor forma felodermul (peretele lor rămînînd subțire sau se îngroașă, dar niciodată nu se suberifică) (fig. 48).

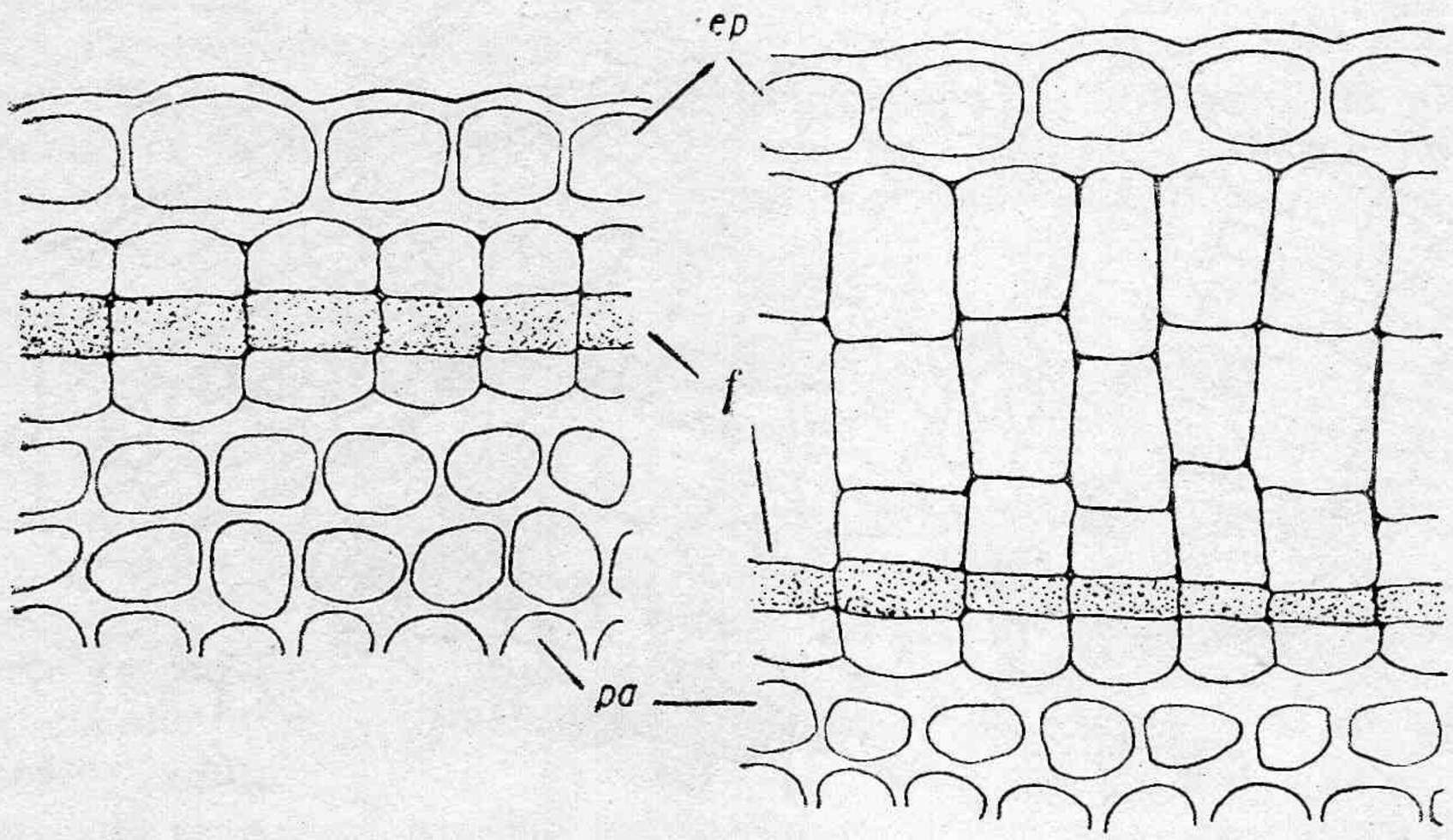


Fig. **48.** Dezvoltarea suberului la *Sambucus nigra* :
ep — epidermă; *f* — felogen; *pa* — parenchim (după K a u s s m a n n).

Suberul. Este întotdeauna multiserial, sub formă de straturi subțiri, gri-brune, dispuse în șiruri radiare, ale căror celule în secțiune transversală sînt rectangulare. Suberul se mai formează și în acele porțiuni în care s-a produs o leziune, o rănire. În general, celulele de suber au pereții colorați în brun datorită derivaților taninici și nu prezintă spații între ele. De multe ori în suber alternează straturi de celule ai căror pereți sînt subțiri, cu straturi de celule ai căror pereți sînt groși, constituind suberul stratificat, ca de exemplu la *Betula* (mesteacăn). Pluta întărită se formează prin depunerea de straturi terțiare de celuloză peste straturile de suberină, care în cele din urmă se și pot lignifica.

Rolul suberului este de a reduce evaporarea apei din organele plantelor și a împiedica pătrunderea unor paraziți, iar grație conductibilității sale termice reduse le apără împotriva unei încălziri excesive.

În afară de trunchiuri, tulpini, ramuri și rădăcini mai bătrîne, suberul poate să existe și pe tuberculi de înmagazinare, formînd de exemplu „coaja" de la *Solanum tuberosum*, precum și pe fructele unor specii de *Pyrus* (păr).

Dacă suberul ar înconjura tulpina complet, atunci schimburile dintre țesuturile tulpinii și aerul atmosferic ar fi imposibile. Pentru a înlesni acest schimb apar formațiuni locale de origine peridermică numite *lenticele* (fig. 49). Lenticelele se formează în acele porțiuni în care felogenul

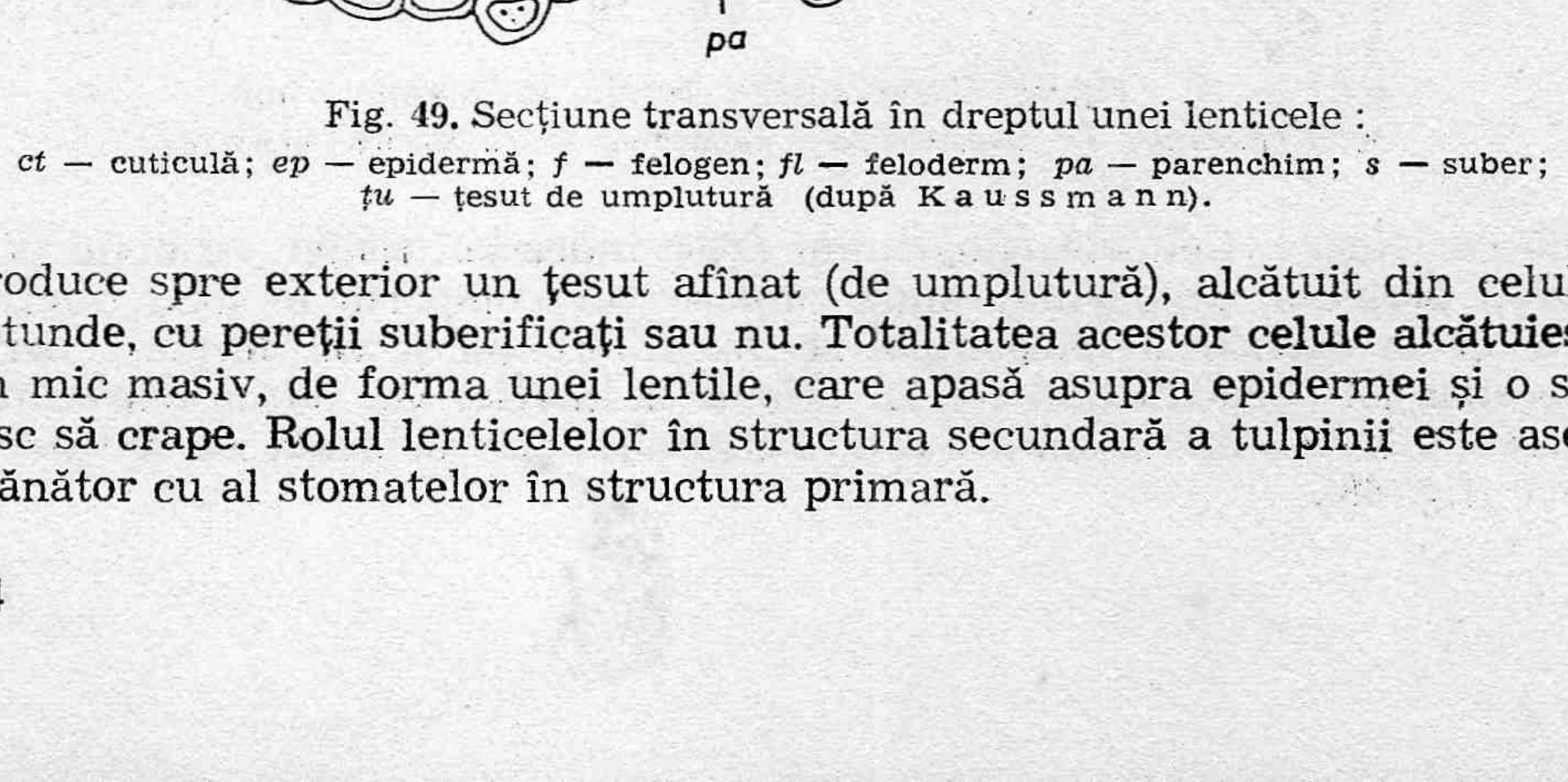


Fig. 49. Secțiune transversală în dreptul unei lenticele :
ct — cuticulă; *ep* — epidermă; *f* — felogen; *fl* — feloderm; *pa* — parenchim; *s* — suber; *țu* — țesut de umplutură (după K a u s s m a n n).

produce spre exterior un țesut afînat (de umplutură), alcătuit din celule rotunde, cu pereții suberificați sau nu. Totalitatea acestor celule alcătuiesc un mic masiv, de forma unei lentile, care apasă asupra epidermei și o silesc să crape. Rolul lenticelelor în structura secundară a tulpinii este asemănător cu al stomatelor în structura primară.

Felogenul funcţionează relativ scurt timp ; la *Quercus suber* (stejarul de plută) însă este activ mai mulţi ani, timp de decenii şi furnizează în fiecare an numeroase straturi de suber. În fiecare an este un repaus de iarnă şi după un timp oarecare se formează un alt felogen mai spre interior, care va funcţiona la fel. În condiţiile acestea se formează cruste de suber groase de mai mulţi centimetri, din care se obţin apoi produse din plută. Pentru aceasta se desprinde, de la stejarii de circa 15 ani, prima crustă de suber, împreună cu felogenul, după care se formează un nou felogen, mult mai activ, situat cu cîteva celule mai profund, formînd o nouă crustă de suber, care dă pluta tehnic utilizabilă. Aceasta se cojeşte şi apoi după 9—10 ani se formează din nou, în acelaşi mod, mereu cruste noi. Aceste cruste groase de plută se formează spre exterior din cauza creşterii simultane în grosime a trunchiurilor. La *Ulmus foliacea f. suberosa* (ulmul suberos indigen), *Ulmus procera* var. *suberosa* şi *Acer campestre* var. *suberosa* (arţarul suberos) sînt de asemenea zone de felogen active mai mulţi ani, care formează pe ramuri şi crengi muchii de plută sub formă de aripi.

Ritidomul. La rădăcinile şi trunchiurile plantelor lemnoase mai în vîrstă, suberul este înlocuit de *ritidom*, care este şi mai eficace din punct de vedere al protecţiei şi are o structură histologică complexă.

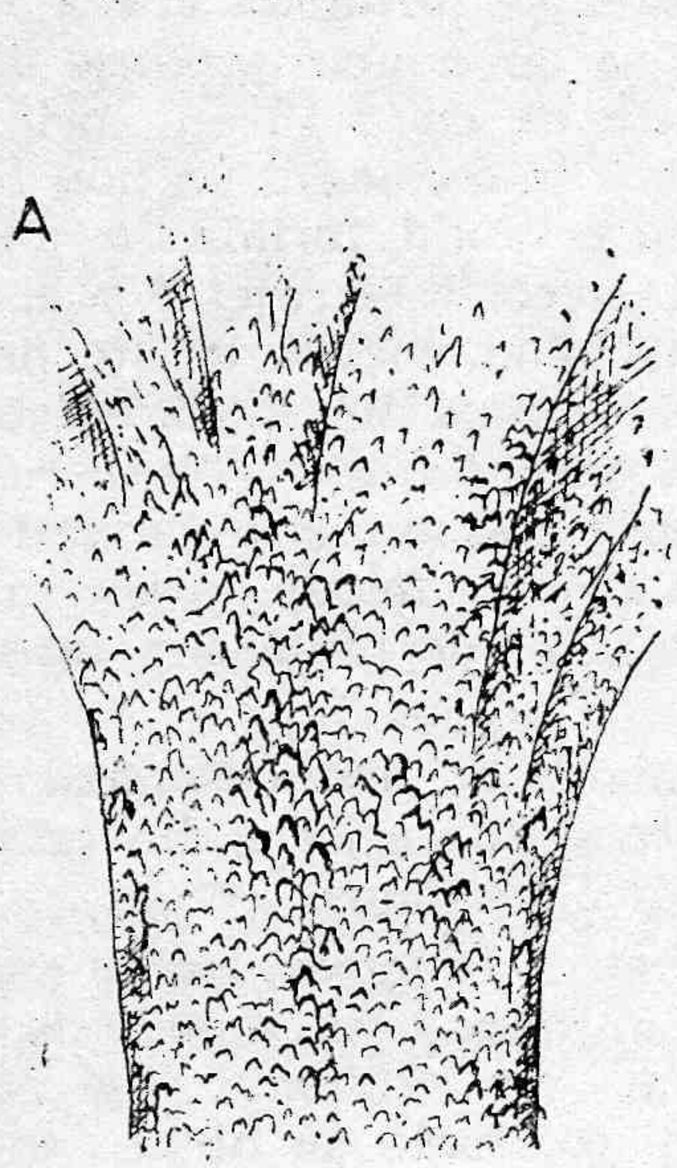
Toate celulele vii care, prin formarea unui strat de suber, rămîn spre periferie mor, nemaiputînd fi hrănite ; acestea, împreună cu celulele de la început moarte ale suberului, constituie la un loc *ritidomul* (fig. 50). Acesta se exfoliază sub formă de fîşii subţiri ca foaia de hîrtie ; este aşa numita plută în foi sau ritidomul inelat, care se află la *Betula* şi la *Cerasus*. De asemenea, ritidomul se mai poate exfolia şi sub formă de fîşii longitudinale, ca la *Vitis* şi *Clematis* (curpen), sau sub formă de plăcuţe solziforme, ca la *Malus* (măr) şi *Platanus*. La *Quercus*, *Celtis* (sîmbovină) ş.a., ritidomul nu se exfoliază ci se rupe, fisurîndu-se.

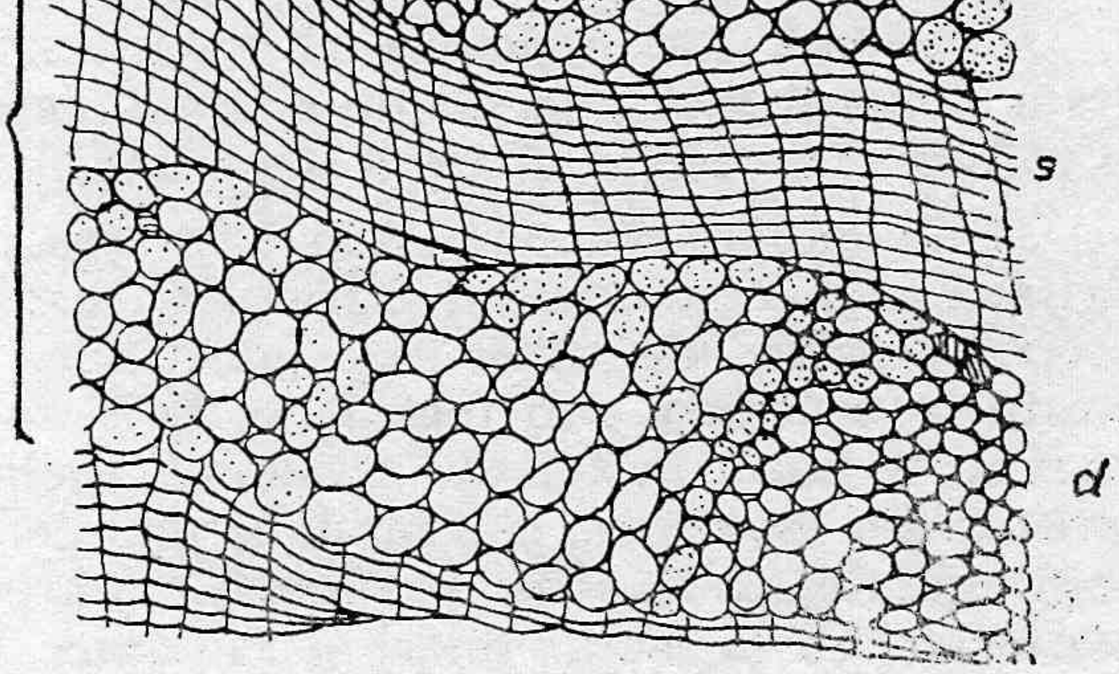
3.5.3. ŢESUTURILE MECANICE (DE SUSŢINERE)

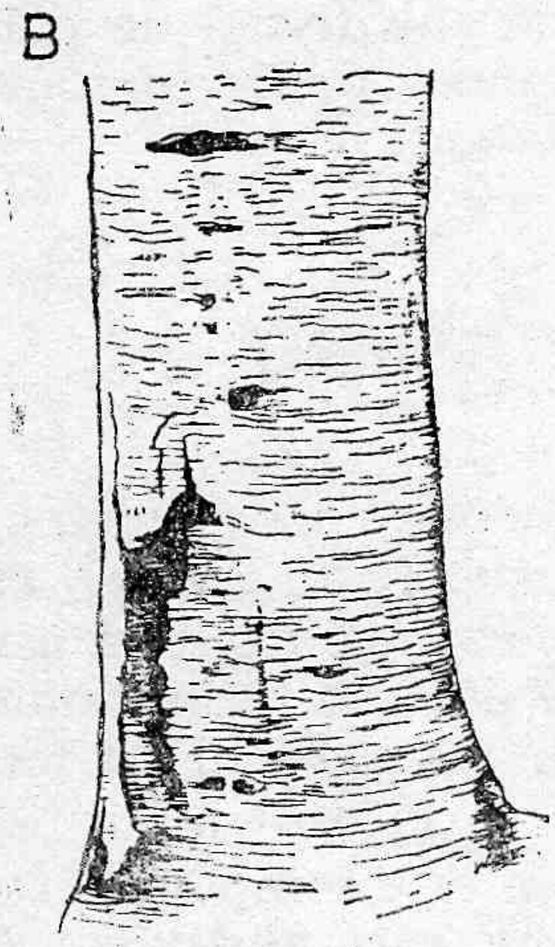
Rezistenţa, la plantele superioare, care este necesară atît pentru greutatea organelor proprii (cum ar fi : ramuri, frunze, flori, fructe), cît şi faţă de agenţii externi (ca : vînt, ploaie, zăpadă etc.) care exercită asupra lor forţe de presiune, întindere, răsucire etc., este dată de turgescenţa celulelor ce alcătuiesc parenchimurile organismului respectiv şi de ţesutul conducător lemnos.

Această rezistenţă nu este totuşi suficientă ; ea este completată cu rezistenţa dată de ţesuturi specializate în acest sens, care alcătuiesc *ţesuturile mecanice* numite şi de *susţinere*, ce au acelaşi rol ca şi scheletul din corpul animalelor.

La plantele ierbacee aceste ţesuturi sînt, în general, slab dezvoltate, fapt ce se recunoaşte odată cu pierderea unei cantităţi mari de apă, cînd din lipsă de aprovizionare imediată organele lor se ofilesc şi se îndoaie spre pămînt. Deşi pereţii celulari subţiri, celulozici, flexibili şi moi, care devin rigizi prin turgescenţă, participă la susţinerea organelor plantelor,







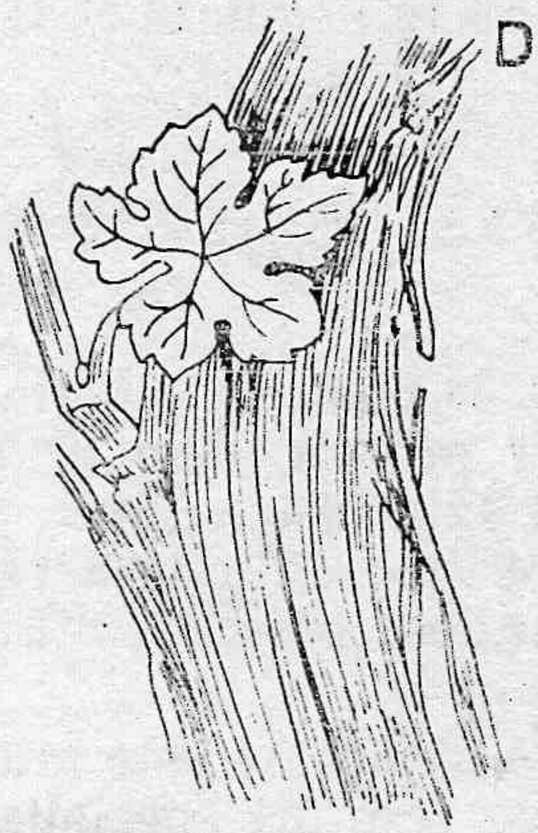


Fig. **50.** Tipuri de ritidom :

solzos, la *Picea abies* (*A*); concentric, la *Betula alba* (*B*); inelar, la *Cerasus vulgaris* (*C*); fibros, la *Vitis vinifera* (*D*); *ct* — cuticulă; *ep* — epidermă; *fd* — feloderm; *per* — periderm; *s* — *suber* (*A*, *B*, *D*: după I. Grinţescu); *C*: după Kiseleva).

totuși aceasta nu este suficient. Țesuturile de susținere sau mecanice, care dau rezistența organismelor vegetale superioare, ating maximum de dezvoltare la plantele lemnoase.

Cu privire la originea acestor țesuturi, ele iau naștere din *procambiu* (numit încă și desmogen), ca și țesutul conducător (cu care din acest punct de vedere sînt apropiate) sau din *cambiu*.

În stadiile tinere de dezvoltare, cordoanele de procambiu din care se dezvoltă țesutul mecanic și cel conducător sînt identice din punct de vedere morfologic. Deosebirea se manifestă numai cu privire la timpul de diferențiere. Astfel, țesutul conducător se dezvoltă înaintea celui mecanic ; la acesta din urmă diferențierea se face simultan și nu succesiv ca la cel conducător.

Elementele celulare ale țesuturilor de susținere se numesc *stereide*, iar totalitatea acestora alcătuiesc *stereomul*, scheletul sau armătura plantelor.

După modul de îngroșare a pereților, celulele mecanice se grupează în două categorii de țesuturi : *colenchimuri* și *sclerenchimuri*.

3.5.3.1. COLENCHIMUL

Este țesutul mecanic caracteristic organelor în curs de creștere, răspîndit în special la plantele ierbacee și în frunzele plantelor lemnoase (pețiol, nervurile principale ale limbului).

Celulele de colenchim (numite încă și *colocite)* au pereții pectocelulozici, bogați în apă, îngroșați neuniform și centripet ; de regulă nu prezintă spații aerifere, iar punctuațiile sînt rare. În conținutul celular se pot distinge uneori cloroplaste și grăuncioare de amidon, ceea ce constituie un indiciu că elementele colenchimului pot îndeplini în mod secundar și funcția de fotosinteză. Între altele, celulele de colenchim pot acumula tanin uri, alcaloizi, mucilagii etc.

Colenchimul este întotdeauna de origine primară și se află mai ales în organele vegetale cu structura primară. El provine din diferențierea țesutului meristematic primar, numit *procambiu* ; celulele acestuia se divid activ, iar apoi pereții se îngroașă neuniform (fig. 51).

Colenchimul se formează cu deosebire în tulpină, frunze și unele piese florale ; la rădăcină el este prezent mai rar, îndeosebi cînd aceasta crește la lumină.

După modul de îngroșare a pereților celulari se cunosc trei tipuri morfologice de colenchim : angular, tabular și lacunar.

a) *Colenchimul angular* provine dintr-un meristem fără meaturi și este format din celule cu pereții terminali orizontali. Se întîlnește în tulpină (multe *Labiatae, Solanaceae, Umbelliferae, Cucurbita pepo, Chenopodium album, Begonia* etc.), pețiol (*Salvia, Lamium, Beta, Vitis, Cucurbita, Malva* etc.), pedunculul florii (*Dahlia*).

b) *Colenchimul tabular* (numit și tabelar, lamelar sau tangențial) este format din celule cu pereții tangențiali (externi și interni) puternic îngroșați, iar cei radiari subțiri ; între celule rămîn meaturi mici. Se întîlnește

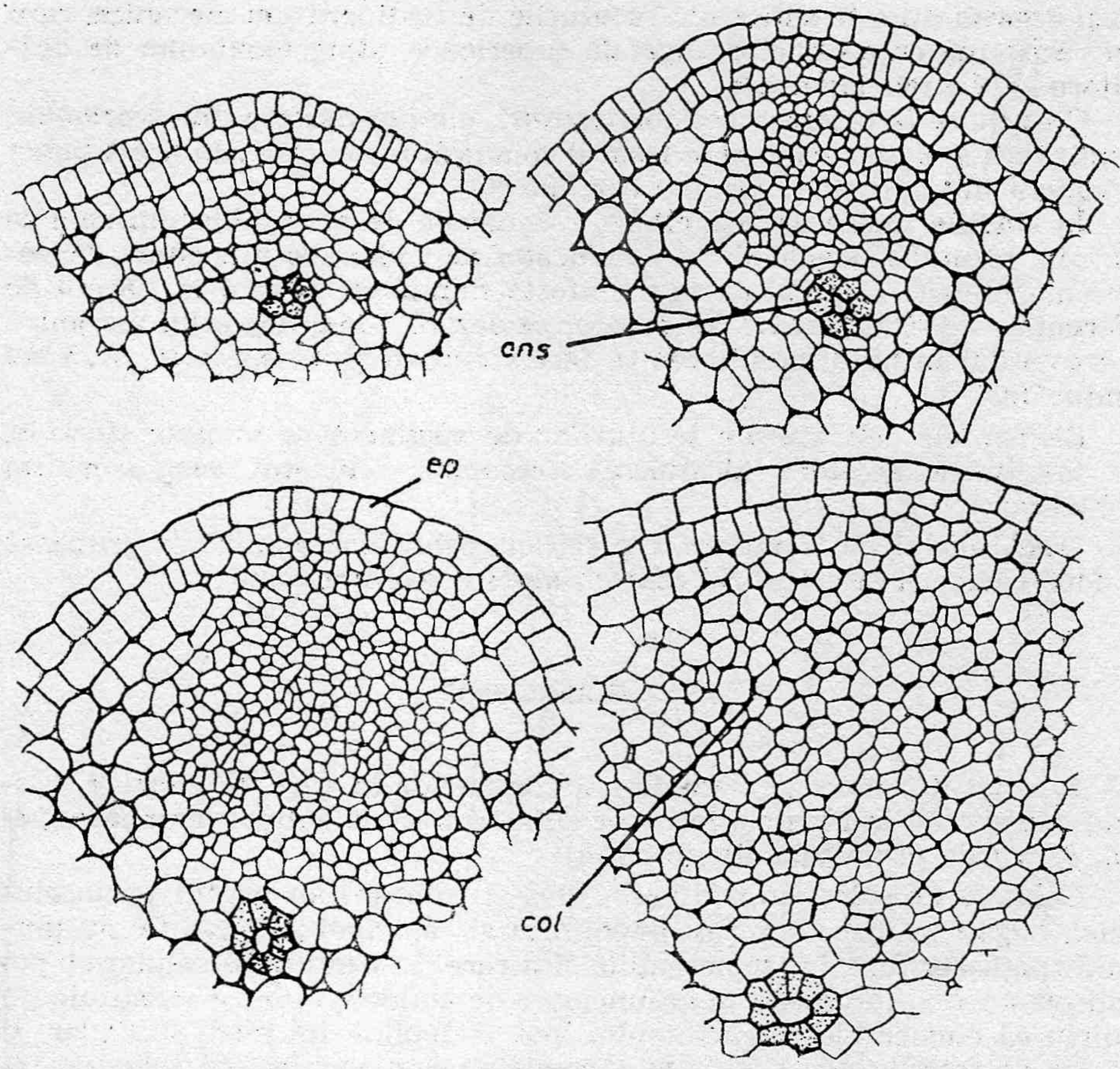


Fig. 51. Dezvoltarea colenchimului în peţiolul frunzei de *Apium graveolens* : *cns* — canale secretoare; *col* — colenchim; *ep* — epidermă (după E s a u).

în tulpină [*Clematis vitalba, Astrantia major, Solanum tuberosum, Sambucus nigra* (fig. 52, A, B) *Tillia tomentosa* etc.] şi în peţiol (*Asarum, Prunus, Plantago* etc.).

c) *Colenchimul lacunar* (rotunjit sau inelar) provine dintr-un meristem cu meaturi şi este format din celule cu pereţii îngroşaţi mai mult sau mai puţin uniform, atît în sens centripet, cît şi în sens centrifug, ceea ce determină umplerea progresivă a meaturilor. Se întîlneşte în tulpină şi peţiol (*Magnolia, Helleborus, Nicotiana, Conium* etc.) (fig. 52, D).

În general colenchimul, fie angular, fie tabular, este situat în scoarţa tulpinii, imediat sub epidermă, sub forma unui manşon continuu, ca la *Hedera helix* (iederă), *Sambucus nigra* (fig. 53, C) unii reprezentanţi din familia *Solanaceae*. Colenchimul se mai poate prezenta sub formă de mănunchiuri, ca la *Umbelliferae* — cum ar fi *Daucus carota* şi *Petroselinum* (pătrunjel), sau sub formă de coaste, în dreptul muchiilor tulpinii, ca la *Labiatae* — cum ar fi *Thymus* (cimbrişor), *Salvia*, sau la *Rubiaceae*. De asemenea, colenchimul este prezent şi în dreptul fasciculelor vasculare

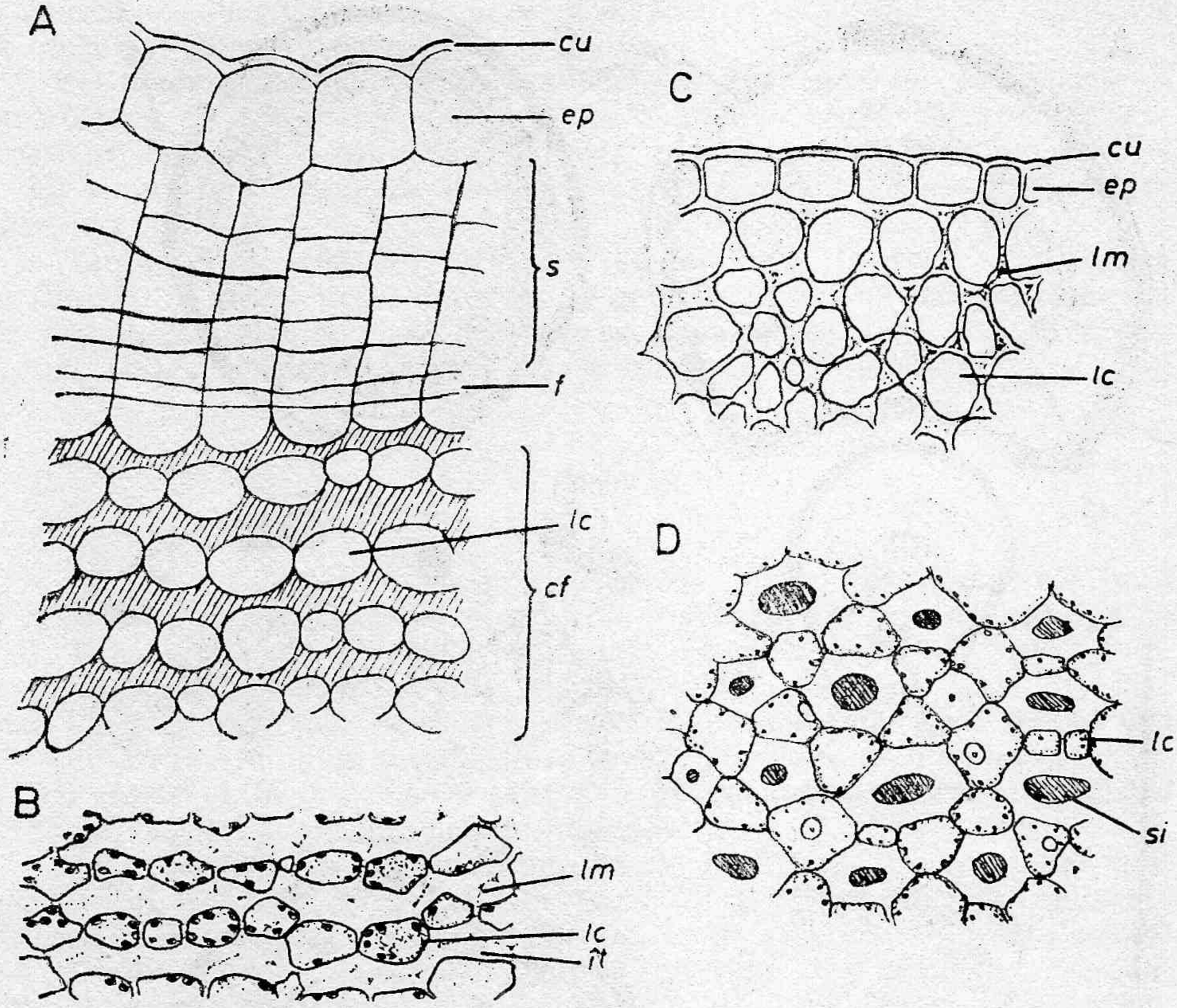


Fig. **52.** Tipuri de colenchim în secțiune transversală prin tulpină :

A, B — colenchim tabular la Sambucus nigra; *C* — colenchim angular la *Cucurbita pepo*; *D* — colenchim lacunar la *Petasites niveus*; *ct* — colenchim tabular; *cu* — cuticulă; *ep* — epidermă; *f* — felogen; *it* — îngroșări tangențiale; *lc* — lumenul celulei; *lm* — lamelă mijlocie; *s* — suber; *si* — spațiu intercelular (*A, B*: după I. T. Tarnavschi și colab.; *C*: după Kaussmann; *D*: după Guttenberg).

de la tulpină. El se observă și în pețiolul frunzelor de *Cucurbitaceae* (figura 53), iar în limbul foliar este prezent în dreptul nervurilor : fie numai pe fața inferioară, fie de o parte și de alta a acestora. Colenchimul se mai află localizat și în nodurile paiului de *Gramineae*, sau, mai rar, în rădăcină, ca la *Beta saccharifera* (sfecla de zahăr).

Însușirile și *funcțiile colenchimului.* Pereții celulelor de colenchim răspund pozitiv la reactivii celulozei și sînt sediul unor hipersecreții a acestora ; ca și la majoritatea parenchimurilor celulozice, colocitele sînt celule vii, a căror protoplasmă este plasmolizabilă. Lamela mediană este de natură pectică, iar peretele (primar și secundar) puternic îngroșat, este de natură pectocelulozică ; prezența pectinei ar justifica afinitatea pereților colenchimatizați pentru apă (putînd-o absorbi în mare cantitate) și ar explica de ce deshidratarea celulelor determină o contracție considerabilă. Datorită acestui fapt mulți autori consideră că cea mai mare parte a peretelui colocitelor ar fi nu un perete secundar, ci unul primar, hipertrofiat, heterogen, mai mult sau mai puțin alveolar sau fibrilar.

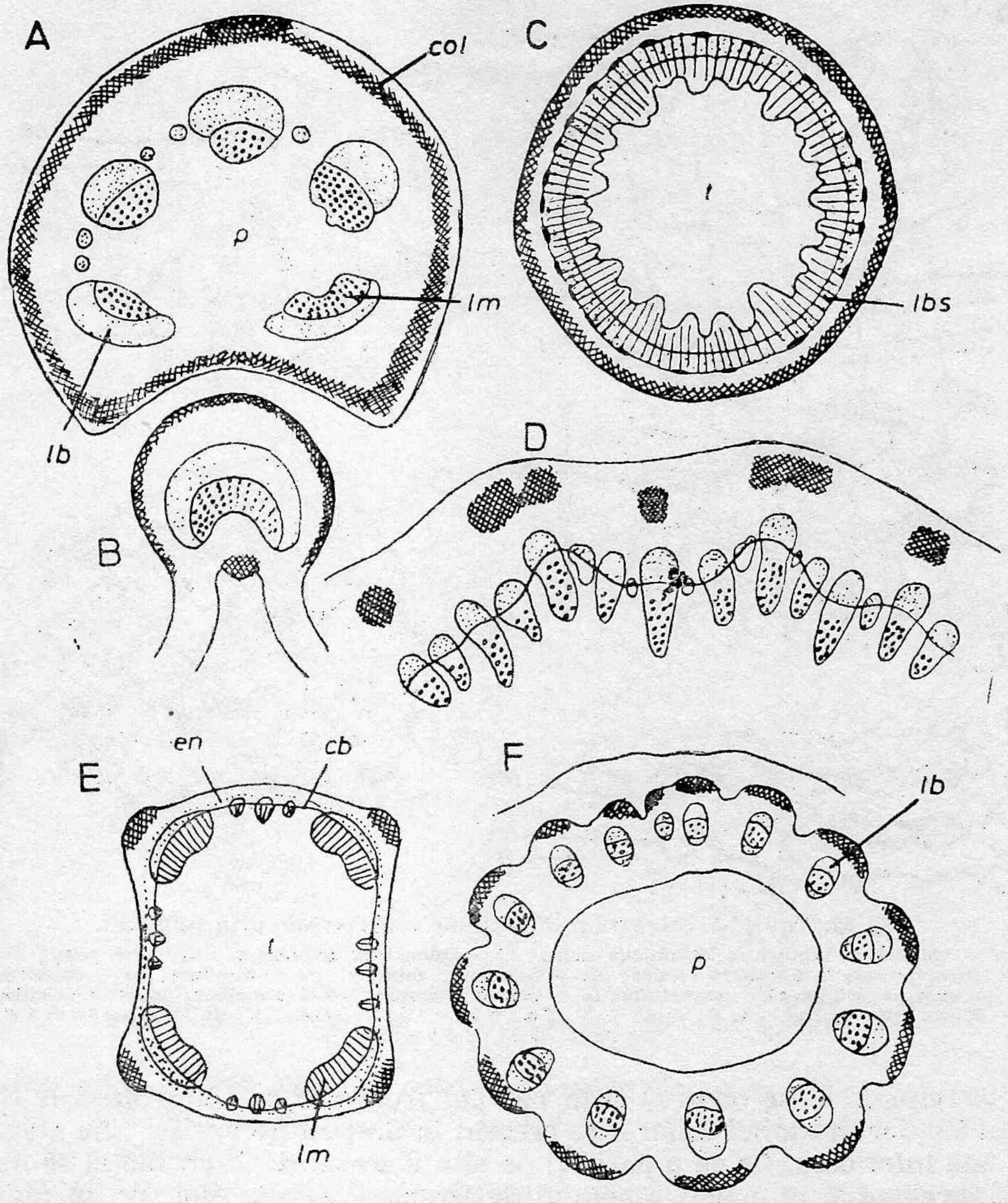


Fig. **53.** Dispoziția colenchimului (haşurat) și a țesutului conducător în diferite organe vegetale și la diferite genuri :

A, B — Humulus; *C — Sambucus*; *D — Pastinaca*; *E — Mentha*; *F — Cucurbita*; *cb* — cambiu; *col* — colenchim; *en* — endodermoid; *lb* — liber (primar); *lbs* — liber secundar; *lm* — lemn; *p* — peţiol; *t* — tulpină (după E s a u).

Colenchimul reprezintă un ţesut mecanic adaptat în special pentru funcţia de susţinere a organelor în creştere. Strînsa legătură dintre celule și puternica îngroşare a pereţilor acestora conferă colenchimului o rezistenţă considerabilă. Particularităţile creşterii și structurii celulelor fac ca ţesutul mecanic colenchimatic să nu împiedice alungirea organelor plantelor. Astfel constituit, colenchimul conferă plantei nu numai rezistenţă la rupere, dar și elasticitate și flexibilitate în acelaşi timp. Rezistenţa și

elasticitatea colenchimului se datoresc dispoziţiei longitudinale a lanţurilor celulozice în pereţii celulelor componente.

S-a evidenţiat că celulele de colenchim sînt capabile să suporte o încărcătură de 15—20 kg/mm^2, ceea ce dovedeşte că fibrele colenchimatice sînt deosebit de elastice şi aceasta explică posibilitatea de creştere a internodurilor tulpinale după ce pereţii colocitelor s-au îngroşat considerabil.

Menţionăm şi faptul că plasticitatea celulelor de susţinere variază în funcţie de vîrsta organelor în care se află : organele mai bătrîne sînt de regulă mai fragile decît cele tinere, aceasta explicîndu-se, în multe cazuri, şi prin transformarea colenchimului în sclerenchim.

3.5.3.2. SCLERENCHIMUL

Este un ţesut mecanic format din celule strîns unite între ele (fără meaturi), cu pereţii uniform şi puternic îngroşaţi, cel mai adesea lignificaţi. Prin aceste trăsături sclerenchimul se deosebeşte de colenchim, fiind mult mai rezistent. Iniţial celulele sclerenchimului sînt vii, însă cînd devin mature mor de obicei, pereţii lor neconţinînd decît puţină apă (20—40 % din greutatea totală), fiind astfel incapabile de a se lungi. Paralel cu creşterea în grosime a peretelui şi cu intensificarea lignificării acestuia, elasticitatea sclerenchimului scade.

După originea sa sclerenchimul poate fi *primar* (provenit din procambiu) şi secundar (provenit din cambiu ori, mai rar, din felogen). Sclerenchimul primar predomină la *Monocotyledonatae,* la *Dicotyledonatae* aflîndu-se mai cu seamă în tulpina cu structură primară. Sclerenchimul secundar este propriu îndeosebi pentru *Dicotyledonatae* cu structură secundară.

După forma celulelor componente, sclerenchimul este de două feluri : **a** — *sclerenchim scleros,* constituit din celule sclerenchimatice scurte, denumite încă şi *sclereide* ; b — *sclerenchim fibros,* constituit din celule sclerenchimatice lungi, denumite încă şi *fibre sclerenchimatice.*

a) **Sclereidele** sînt celule mai mult sau mai puţin izodiametrice, cu pereţii foarte îngroşaţi şi lignificaţi, străbătuţi de punctuaţii sub formă de canalicule radiare, uneori ramificate. Se pot sclerifica celulele din epidermă, scoarţa primară, parenchimul lemnos, măduva organelor vegetative, tegumentul seminal, pericarpul fructelor. În toate aceste cazuri sclereidele, numite încă şi celule pietroase, sînt moarte la maturitate şi alcătuiesc un *ţesut scleros.* Sclereidele pot conţine taninuri, mucilagii, cristale de oxalat de calciu, grăuncioare de amidon etc. Se disting patru feluri de sclereide : brahisclereide, macrosclereide, osteosclereide şi sclereide ramificate.

Brahisclereidele (celule pietroase propriu-zise) sînt scurte, mai mult sau mai puţin izodiametrice, izolate sau mai adesea grupate, cu punctuaţii foarte ramificate. Brahisclereide se întîlnesc în scoarţa primară şi ritidomul arborilor, ca de exemplu la *Sambucus nigra* (soc), *Aristolochia brasiliensis,* în liberul organelor aeriene de la unele plante lemnoase, ca la *Picea, Abies, Carpinus* (carpen), *Fraxinus* (frasin), *Betula, Quercus,*

în rizomi, ca la *Paeonia* (bujor), în rădăcini tuberizate, ca la *Cochlearia* (hrean), ori aeriene, ca la *Monstera* (filodendron), în mezocarpul de la *Pyrus* (fig. 54, 1), *Cydonia* (gutui), în endocarpul tructelor cărnoase de la *Prunoideae*, în pericarpul unor fructe uscate, ca la *Corylus* (alun), *Quercus*, în tegumentul unor seminţe, ca la *Pinus* sau în pedunculul fructelor unor *Pomoideae*.

Macrosclereidele sînt celule uşor alungite, în formă de bastonaşe (cu capetele neascuţite) sau de coloane paralele, dispuse mai adesea ca elementele ţesutului palisadic din frunză. Se întîlnesc în scoarţa tulpinii, ca de exemplu la *Cinchona* (arbore de chinină), în peţiolul frunzei şi pedunculul fructului, ca de exemplu la *Pyrus*, în pericarpul şi tegumentul seminţei de la *Leguminosae*, în ultimul caz formînd un sclerenchim de tip palisadic, ca de exemplu în testa tegumentului de la sămînţa de *Phaseolus* (fig. 54, 2, 3, 4).

Osteosclereidele sînt celule cilindrice sau prismatice, cu capetele dilatat-lobate, încît iau aspectul unui os. Se întîlnesc în testa tegumentului seminal de la *Pisum sativum* (mazăre), în mezofilul frunzei de la *Hakea suaveolens* (fig. 54, 5).

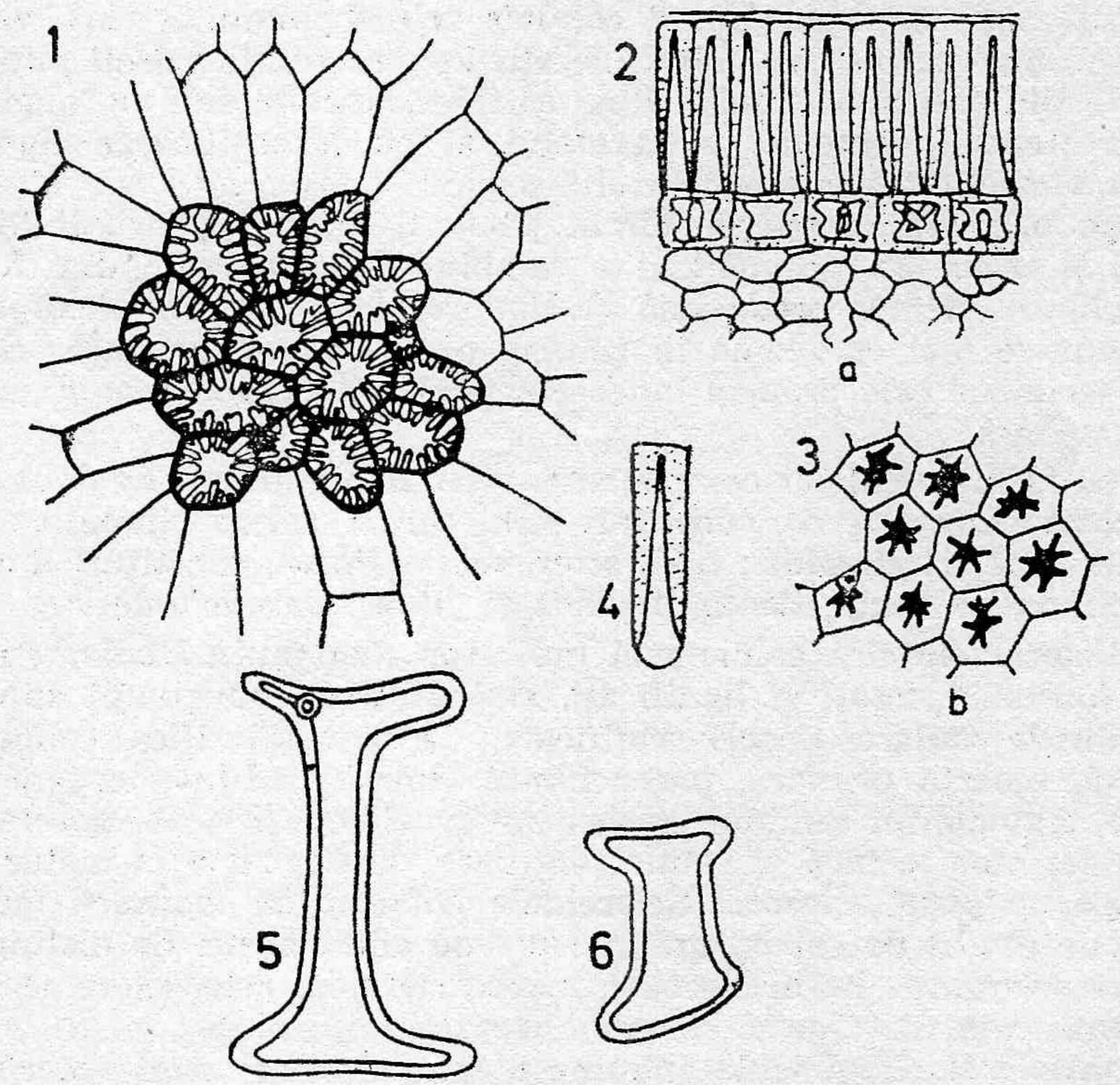


Fig. 54. Diferite forme de sclereide :

1 — în mezocarpul fructului de *Pyrus sativa*; *2, 3, 4* — în tegumentul seminţei de *Phaseolus vulgaris* (*2* — secţiune longitudinală; *3* — secţiune transversală; *4* — celulă izolată); *5* — în frunza de *Hakea suaveolens*; *6* — în tegumentul seminţei de *Pisum sativum*; *1—4*: brachisclereide şi macrosclereide; *5—6*: osteosclereide (după K a u s s m a n n).

Sclereidele ramificate se întîlnesc la multe angiosperme xerofite, mai ales în mezofilul frunzei, atît în ţesutul palisadic (ca la *Camellia*), cît şi în cel lacunos (ca la *Trochodendron).* Se cunosc două forme de sclereide ramificate şi anume : *astrosclereide* şi *trihosclereide.* Astrosclereidele sînt stelat-ramificate şi se află în scoarţa tulpinii de la *Abies, Larix,* în mezofilul frunzei de la *Castalia, Hamamelis* etc. (fig. 55, A, B). Trihosclereidele, numite şi peri interni, sînt localizate în spaţiile intercelulare ale tulpinilor de la *Monstera* şi ale frunzelor de la unele plante acvatice, cum ar fi speciile de *Nymphaeaceae* (fig. 55, E, F).

b) **Fibrele sclerenchimatice** sînt celule alungite, de regulă fusiforme, cu contur poligonal, circular sau eliptic în secţiune transversală, cu toţi pereţii mai mult sau mai puţin îngroşaţi şi lignificaţi, străbătuţi de punctuaţii simple şi oblice. Există fibre a căror pereţi rămîn aproape complet celulozici, ca la *Linum, Boehmeria* (ramie), sau se lignifică uşor fie în partea externă, ca la *Cannabis* (cînepă), *Urtica, Corchorus,* fie în cea internă, ca la diferite *Apocynaceae* şi *Asclepiadaceae,* sau în toată grosimea, ca la *Phormium tenax* (in de Noua Zeelandă).

Pentru industria textilă, cea mai mare importanţă o au fibrele cu pereţii total nelignificaţi, care alcătuiesc aşa-numitul sclerenchim fibros. Fibrele de la unele plante sînt de bună calitate, dar nu pot fi extrase uşor din jurul fasciculelor vasculare, ca de exemplu la *Helianthus annuus,* iar la *Tilia* (tei) ele se extrag uşor, dar sînt scurte şi puternic lignificate, deci aspre şi fragile. Fibrele lemnoase sînt de regulă scurte, puternic lignificate şi deci nu prezintă importanţă pentru industria textilă.

Fibrele textile provin mai cu seamă din periciclul pluristratificat al tulpinilor, care se diferenţiază în cursul dezvoltării ontogenetice ca cele dintîi şi sînt numite *fibre periciclice,* sau se diferenţiază ulterior, începînd din liberul primar şi apoi în continuare în liberul secundar, numindu-se *fibre liberiene.*

Lungimea fibrelor este variabilă : 0,5—0,8 mm la *Cinchona, Cinnamomum* (arborele de camfor), 2—3 mm la *Tilia* 4—12 mm la *Hibiscus cannabinus,* 4—40 mm la *Cannabis sativa,* 4—60 mm la *Linum usitatissimum,* 4—55 mm la *Urtica dioica,* 8—40 mm la *Corchorus capsularis,* 25—56 mm la *Phormium tenax,* 5—250 sau chiar 420 mm la *Boehmeria nivea.* După cum se poate vedea, printre aceste fibre se află cele mai lungi celule vegetale. Lumenul fibrelor, care poate fi foarte redus, este complet lipsit de conţinut viu.

În tehnică, elementele histologice de sclerenchim se numesc *fibre elementare ;* unite cîte mai multe la un loc, în mod natural, ele constituie fascicule numite *fibre textile.* În timpul „topitului" plantelor textile nu trebuie să se ajungă la separarea fibrelor elementare, ci doar la degajarea fibrelor textile dintre celelalte ţesuturi ale tulpinii. „Topitul" plantelor textile este rezultatul unei fermentaţii produse de *Bacillus amylobacter, B.pectinivorus* ş.a., prin care substanţele pectice sînt hidrolizate.

În afară de fibrele textile (care de regulă sînt corticale şi periciclice), menţionăm că fibrele din lemnul secundar caracterizează multe angiosperme ierbacee şi unele lemnoase (*Tilia*) ; ele lipsesc la pteridofite şi sînt foarte rare la gimnosperme (*Abies*).

Fibrele lemnoase sau libriforme participă în mare proporţie la alcătuirea lemnului secundar de la cele mai multe plante lemnoase. Pereţii

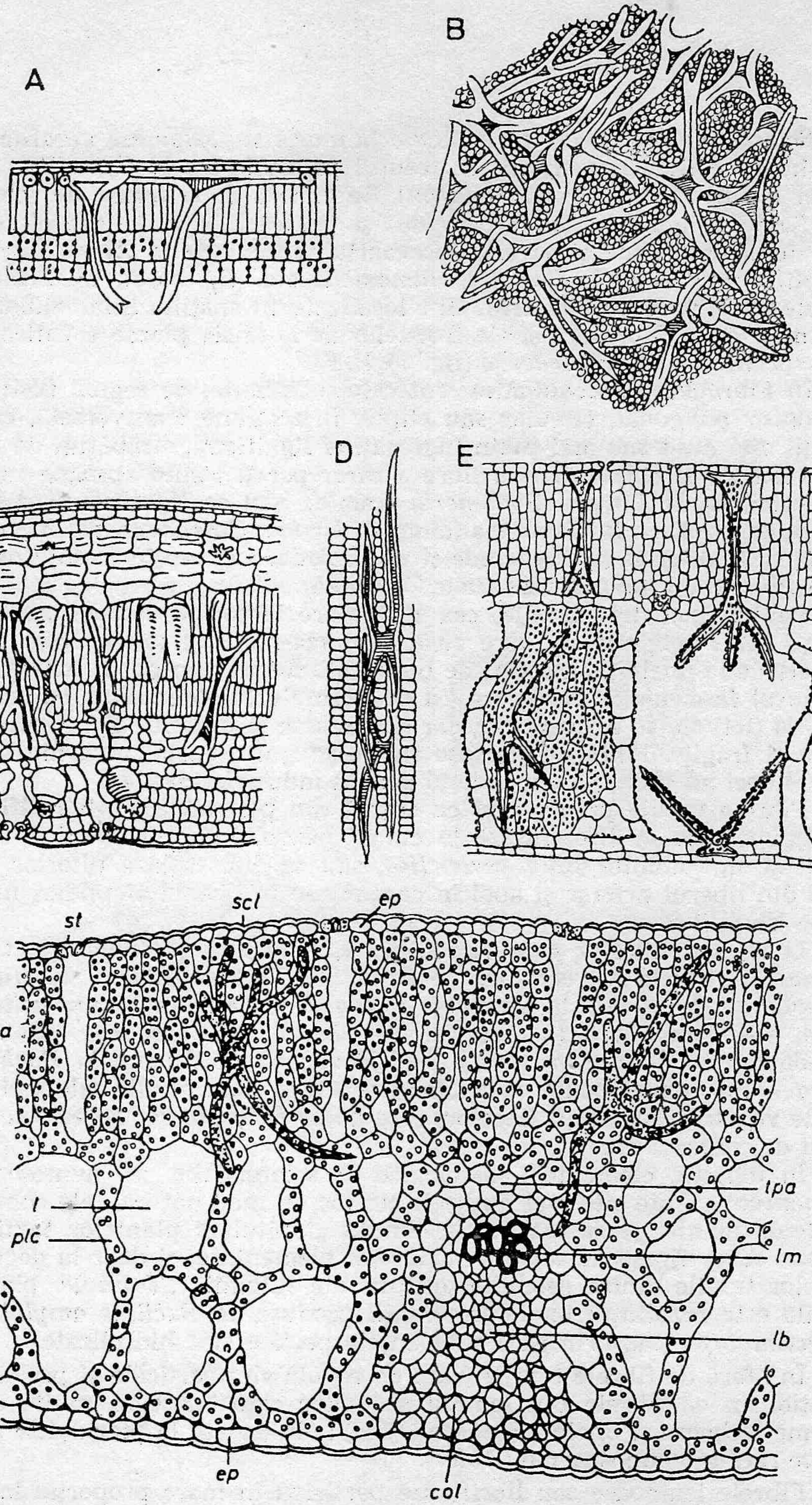


Fig. **55.** Diferite forme de sclereide ramificate : astrosclereide din frunza de *Cleyera* (*A* — secțiune transversală ; *B* — secțiune superficială) ; trihosclereide din frunza de *Rhizophora conjugata* (*C*) ; trihosclereida din scoarta tulpinii de *Rhizophora mangle* (*D* — secțiune longitudinală) ; trihosclereide în frunza de *Nymphaea marliacii* (*E* — secțiune transversală) ; sclereide ramificate, în frunza de *Nuphar luteum* (*F*) :

col — colenchim; *ep* — epidermă; *l* — lacune aerifere; *lb* — liber; *lm* — lemn; *plc* — parenchim lacunar; *ppa* — parenchim palisadic; *scl* — sclereide; *st* — stomată; *tpa* — teacă parenchimatică (*A—E*: după B o u r e a u; *F*: după S á r k á n y și S z a l a i).

acestor fibre pot fi puternic îngroșați și lignificați (în lemnul dur și rezistent al esenţelor tari : *Quercus, Carpinus, Parrotia persica* etc.), sau mai puţin îngroșați și lignificați (în lemnul esenţelor moi : *Populus, Salix* ș.a.).

S-a stabilit că prezenţa cantitativă a sclerenchimului este dependentă de ritmul de circulaţie a apei în plante. Astfel, la plantele din locuri umede cantitatea fibrelor libriforme scade, în timp ce la plantele din staţiuni uscate sau la acele organe expuse luminii, cum sînt frunzele, se dezvoltă un ţesut mecanic mai puternic. De asemenea, dezvoltarea ţesutului mecanic este și în legătură cu felul de hrănire, ceea ce este deosebit de important în cultura cerealelor și a plantelor textile. Folosindu-se îngrășăminte fosfatice și potasice, acestea au o mare influenţă asupra formării ţesutului sclerenchimatic.

Plantele prezintă o construcţie complexă, asemănătoare în principiu cu una de beton armat. Țesuturile mecanice ar reprezenta fierul din armătura de beton, care asigură în primul rînd soliditatea necesară plantei, iar restul ţesuturilor, asemenea betonului, ar contribui la umplerea armăturilor sau a construcţiei.

Rezistența și elasticitatea fibrelor de sclerenchim (exceptînd cele de libriform) sînt foarte mari. Indicele de rupere (rezistenţa la tracţiune) este apropiat de cel al argintului, iar indicele (limita) de elasticitate este comparabil cu al fierului forjat sau chiar al oţelului. Fibrele de sclerenchim se deosebesc însă de metale prin faptul că sînt mult mai extensibile și au o diferenţă mică între indicele de elasticitate și cel de rupere.

Asupra plantelor se exercită și o presiune ; ea este *statică* și *dinamică*. Cea statică se referă la forţa de gravitaţie, la greutatea proprie, care în cursul perioadei de vegetaţie creşte și scade odată cu căderea frunzelor, fructelor etc. Tot în cadrul presiunii statice sînt incluse precipitaţiile atmosferice (ploaia, zăpada, roua, vîntul), precum și greutatea animalelor, cum sînt păsările care se așază pe copaci. Presiunea dinamică se referă la forţele care acţionează asupra corpului plantelor, cum sînt vijeliile, loviturile grindinei etc.

3.5.4. ŢESUTURI CONDUCĂTOARE

Toate funcţiile vitale ale unei plante superioare sînt asigurate în primul rînd de hrănire, iar ajungerea substanţelor hrănitoare în toate organele este asigurată de un ţesut specializat, denumit *ţesut conducător* sau mai corect *aparat conducător*, întrucît acesta cuprinde două tipuri de ţesuturi conducătoare distincte : *ţesutul lemnos* și *ţesutul liberian.*

Ansamblul unei plante superioare este parcurs de un dublu curent de lichide, care constituie seva „brută“ și seva „elaborată“.

Seva brută este o soluţie de săruri minerale luată din sol la nivelul rădăcinilor ; ea circulă de jos în sus, deci ascendent, pînă la ţesuturile asimilatoare, prin intermediul ţesutului conducător lemnos. Seva elaborată este o soluţie de materii organice bogată în glucide, formată de ţesuturile asimilatoare ; ea circulă, în general, de sus în jos, deci descendent, prin intermediul ţesutului conducător liberian.

Aparatul conducător (format din ţesutul lemnos şi ţesutul liberian) apare net diferenţiat numai începînd cu pteridofitele (numite din acest motiv şi criptogame vasculare) ; diferenţierea acestui aparat se accentuează la gimnosperme şi mai cu seamă la angiosperme.

Ţesuturile conducătoare sînt formate din vase şi celule de parenchim ; prin cele dintîi circulaţia sevei are o viteză mult mai mare. Cu deosebire în structura secundară a organelor axiale, ţesutul conducător este însoţit şi de fibre mecanice, sclerenchimatice, de care ne-am ocupat în detaliu cînd am analizat ţesuturile de susţinere.

Specializarea celulelor în legătură cu funcţia de conducere se manifestă în primul rînd prin alungirea lor, perforarea sau dispariţia pereţilor transversali, ceea ce a dus la formarea de vase mai scurte sau mai lungi. Unii autori rezervă noţiunea de vase numai pentru elementele conducătoare mai evoluate, traheele, care reprezintă formaţiuni pluricelulare a căror pereţi terminali (transversali) au dispărut complet sau parţial.

Ţesuturile conducătoare sînt cantitativ şi calitativ direct proporţionale cu mărimea şi evoluţia plantelor. Astfel, la plantele inferioare din punct de vedere evolutiv nu se poate vorbi de un ţesut conducător ajuns la un maximum de specializare, aşa cum se întîlneşte la plantele superioare. La acest grup de plante, respectiv la plantele inferioare, trecerea soluţiilor de la o celulă la alta se face prin osmoză, în timp ce la plantele superioare, începînd cu pteridofitele (ferigile) apar ţesuturi specializate pentru conducerea celor două tipuri de sevă.

Elementele conducătoare sînt dispuse în fascicule, a căror structură şi orientare diferă la rădăcină, tulpină şi frunze.

3.5.4.1. ŢESUTUL CONDUCĂTOR LEMNOS (lemnul, hadromul sau xilemul)

Elementele *lemnului primar* derivă toate din celule născute din funcţionarea diferitelor meristeme apicale. În plus, la gimnosperme şi la majoritatea dicotiledonatelor există un *lemn secundar*, care provine din activitatea cambiului ; cambiul iniţial este situat întotdeauna între lemnul primar şi liberul primar ; celulele care-l compun, dispuse la început în şiruri radiare regulate, suferă o diferenţiere care le transformă în elemente lemnoase.

Noţiunile de protoxilem şi de metaxilem nu trebuie să fie confundate cu precedentele. *Protoxilemul* este constituit din primele elemente lemnoase, diferenţiate înainte de terminarea alungirii organului, plecînd de la celule alungite ce provin din zona internă a meristemului apical şi numite celule procambiale ; elementele care constituie protoxilemul sînt puţin lignificate, ceea ce le permite să se alungească şi să urmeze astfel, cel puţin temporar, creşterea ulterioară a organului. Mai tîrziu, cînd organul a depăşit stadiul de alungire, se formează noi elemente la contact cu precedentele ; mai puternic lignificate şi incapabile de alungire ulterioară, ele constituie *metaxilemul*, care cuprinde după unii autori o aprte din lemnul primar cît şi lemnul secundar. După alţi autori, la care ne alăturăm şi noi, protoxilemul şi metaxilemul alcătuiesc numai lemnul primar, numit încă şi *hadrom* (în alcătuirea căruia intră adesea şi parenchimul lemnos).

Vasele de lemn sînt celule alungite, cilindrice sau prismatice (rotunde sau poligonale în secţiune transversală) şi suprapuse unele peste altele, lipsite de conţinut viu cînd sînt complet diferenţiate. Dacă pereţii transversali persistă şi devin oblici, vasul este „închis“ şi se numeşte *traheidă* sau vas imperfect ; dacă pereţii transversali dispar, complet sau parţial, se formează un tub „deschis“ numit *trahee*, vas perfect sau, simplu, vas (fig. 56). O traheidă provine deci dintr-o singură celulă ; o trahee este formată din suprapunerea mai multor celule diferenţiate.

a. *Traheidele* sînt elemente conducătoare unicelulare, caracteristice plantelor vasculare mai puţin evoluate : *Pteridophyta* şi *Gymnospermae ;* lungimea traheidelor variază de la cîţiva micron pînă la 2—3 cm, iar lăţimea de la 1 la 10 microni. Forma lor este cilindrică sau prismatică ; capetele sînt ascuţite sau rotunjite. Circulaţia sevei brute se face mai greu prin traheide, de aceea ele apar acolo unde mişcarea sevei este mai înceată. Datorită punctuaţiilor din pereţii transversali (oblici), circulaţia sevei se face prin difuziune.

Datorită pereţilor îngroşaţi şi lignificaţi, traheidele îndeplinesc şi funcţia de susţinere (îndeosebi la *Gymnospermae*).

Traheidele lemnului primar, *inelate* şi *spiralate*, sînt primele elemente condu-

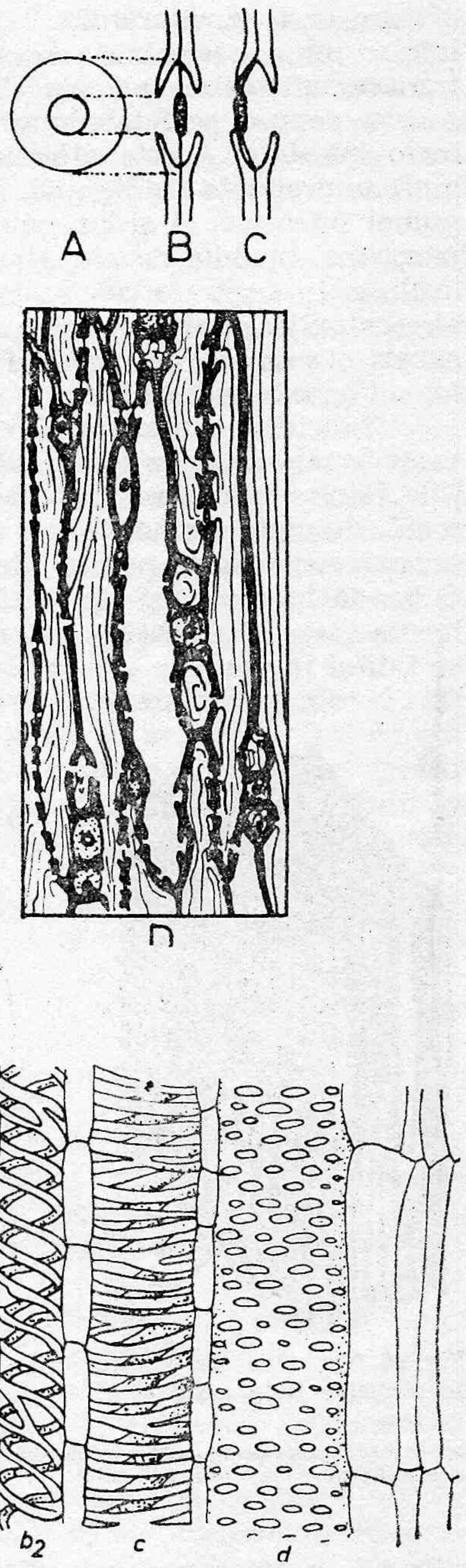


Fig. **56.** Diferite tipuri de vase lemnoase :
A, B, C, D — traheide; *E* — trahee; *a* — inelate; b_1, b_2 — spiralate; *c* — traheidă ce face trecerea între vasele inelate şi cele reticulate; *d* — trahee cu punctuaţii simple (după S t r a s b u r g e r).

cătoare care se diferenţiază în plantă, la un nivel unde alungirea celulelor nu s-a terminat. Aceste celule se dispun cap la cap prin pereţi transversali (orizontali sau oblici) ; protoplastul lor elaborează lignină, care se depune pe feţele longitudinale, în îngroşările inelate, spiralate sau inelo-spiralate. Aceste diferite vase, în care suprafeţele celulozice apar mult impregnate cu lignină, sînt foarte permeabile şi comunică uşor nu numai între ele, ci şi cu celulele vecine ; toate, dar mai ales vasele inelate, sînt capabile de alungire (în care caz îngroşările se distanţează). Le întîlnim în organele cele mai tinere ; ele sînt curînd dublate de elemente ale metaxilemului, de structură ce variază după grupa sistematică considerată şi regresează adesea, fiind strivite ca urmare a dezvoltării celulelor vii care le înconjură.

Traheidele *scalariforme* constituie lemnul pteridofitelor ; în secţiune transversală ne apar poligonale ; extremităţile lor sînt oblice. Ornamentaţiile feţelor laterale sînt caracteristice, dispoziţia lor amintind exact o scară, de unde şi numele dat acestor vase ; îngroşările lignificate sînt dispuse transversal şi paralel, despărţite prin porţiuni de perete neîngroşat. O bandă îngroşată şi lignicată, continuă, se depune şi în lungul muchiilor ; acestea sînt barele verticale ale scării. De la o bandă verticală la alta se întind îngroşările orizontale, ce limitează suprafeţe celulozice ; acestea sînt barele orizontale ale scării. La ferigi nu se întîlnesc decît vase scala-

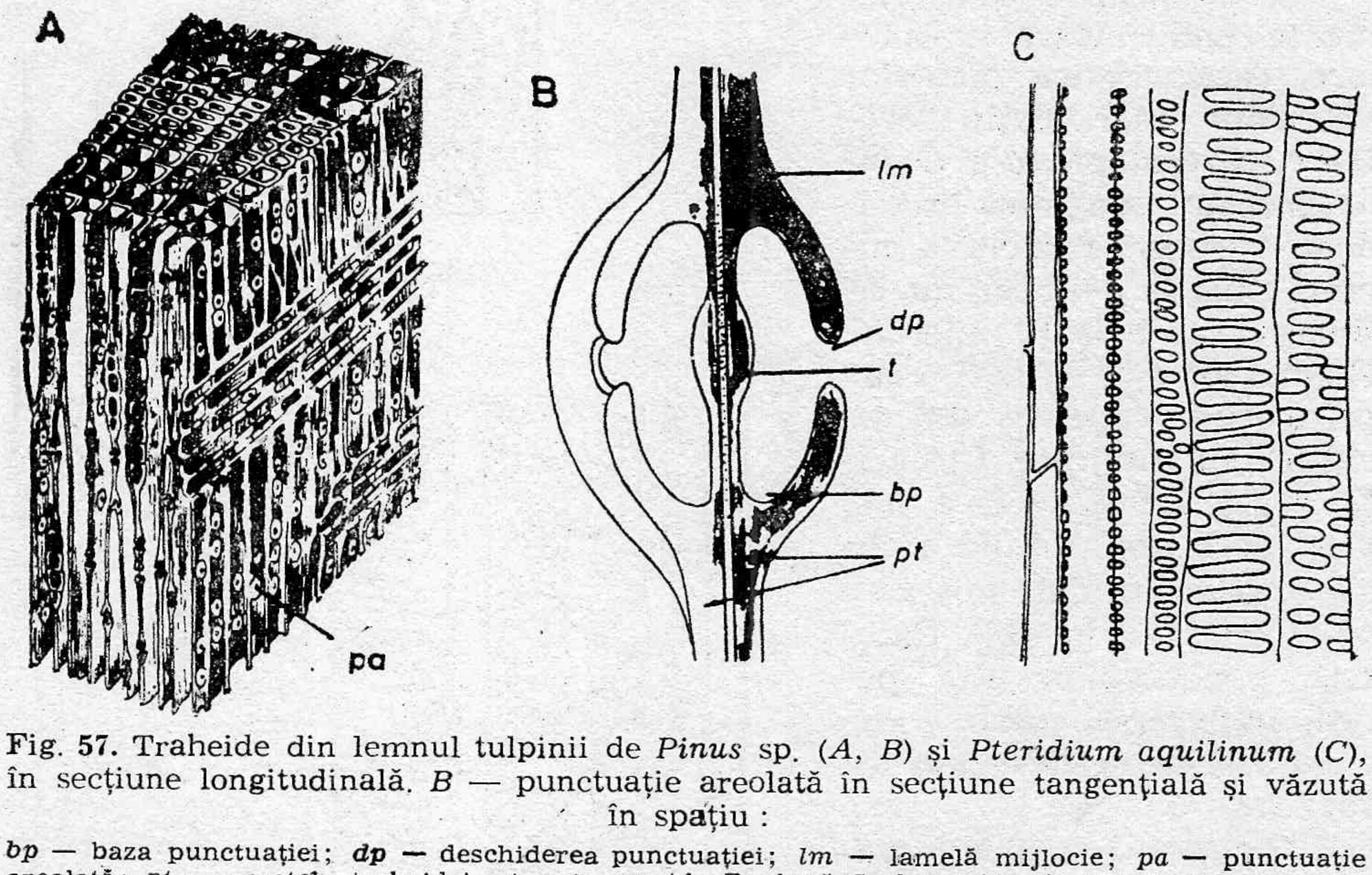


Fig. 57. Traheide din lemnul tulpinii de *Pinus* sp. (*A*, *B*) şi *Pteridium aquilinum* (*C*), în secţiune longitudinală. *B* — punctuaţie areolată în secţiune tangenţială şi văzută în spaţiu :

bp — baza punctuaţiei; *dp* — deschiderea punctuaţiei; *lm* — lamelă mijlocie; *pa* — punctuaţie areolată; *pt* — peretele traheidei; *t* — torus (*A*, *B*: după Schmeil şi I.T. Tarnavschi şi colab.; *C*: după Biebl şi Germ).

riforme ; acestea apar uneori şi la spermatofite, dar întotdeauna amestecate cu vase de tipuri mai evoluate.

Traheidele cu *punctuaţii aerolate* constituie în special lemnul gimnospermelor (fig. 57, A, B). Extremităţile lor sînt încă oblice ; pereţii sînt lignificaţi pe cea mai mare parte a suprafeţei lor şi prezintă îngroşări ; aceste

îngroşări nu sînt uniforme, ci de-a lungul pereţilor radiari ai traheidelor rămîn porţiuni slab îngroşate, în dreptul cărora păturile secundare de îngroşare centripetă formează o boltă în centrul căreia rămîne o punctuaţie. O astfel de formaţiune, privită din faţă, apare ca două cercuri concentrice sub forma unei areole în jurul punctuaţiei, de unde numele de punctuaţie areolată ; punctuaţiile sînt dispuse în şiruri. La nivelul acestor punctuaţii se face circulaţia sevei ; localizarea lor este variabilă.

Punctuaţiile areolate pot fi simetrice, cînd corespund de la o traheidă la alta, deci între două traheide vecine, sau asimetrice, cînd alături de o punctuaţie de pe peretele unei traheide se află o celulă vie, învecinată. Orificiului sau deschiderii punctuaţiei în lumenul celulelor îi corespunde, pe peretele primar, o îngroşare în formă de disc lenticular denumit *torus*, care are rolul de a regla trecerea apei într-un sens sau altul.

În general, punctuaţiile sînt de formă şi mărime caracteristică fiecărei specii, constituind chiar un caracter de identificare pentru speciile de conifere. La coniferele actuale, unde există un lemn timpuriu şi un lemn tîrziu, fibrele lemnului timpuriu au pereţii puţin îngroşaţi şi punctuaţiile sînt localizate aproape numai în pereţii radiari ; dimpotrivă, în lemnul tîrziu pereţii fibrelor sînt mai îngroşaţi şi punctuaţiile sînt localizate în pereţii tangenţiali.

Din punct de vedere evolutiv, primele traheide cu îngroşări de tip inelat şi spiralat au apărut la pteridofitele fosile, şi anume la *Psilophytales*. La pteriodofitele mai evoluate, ca de exemplu la *Equisetales*, traheidele prezintă punctuaţii areolate duble, dispuse scalariform, iar tipul cel mai specializat de traheide apare la gimnosperme, cum sînt *Bennettitales* şi *Coniferales*.

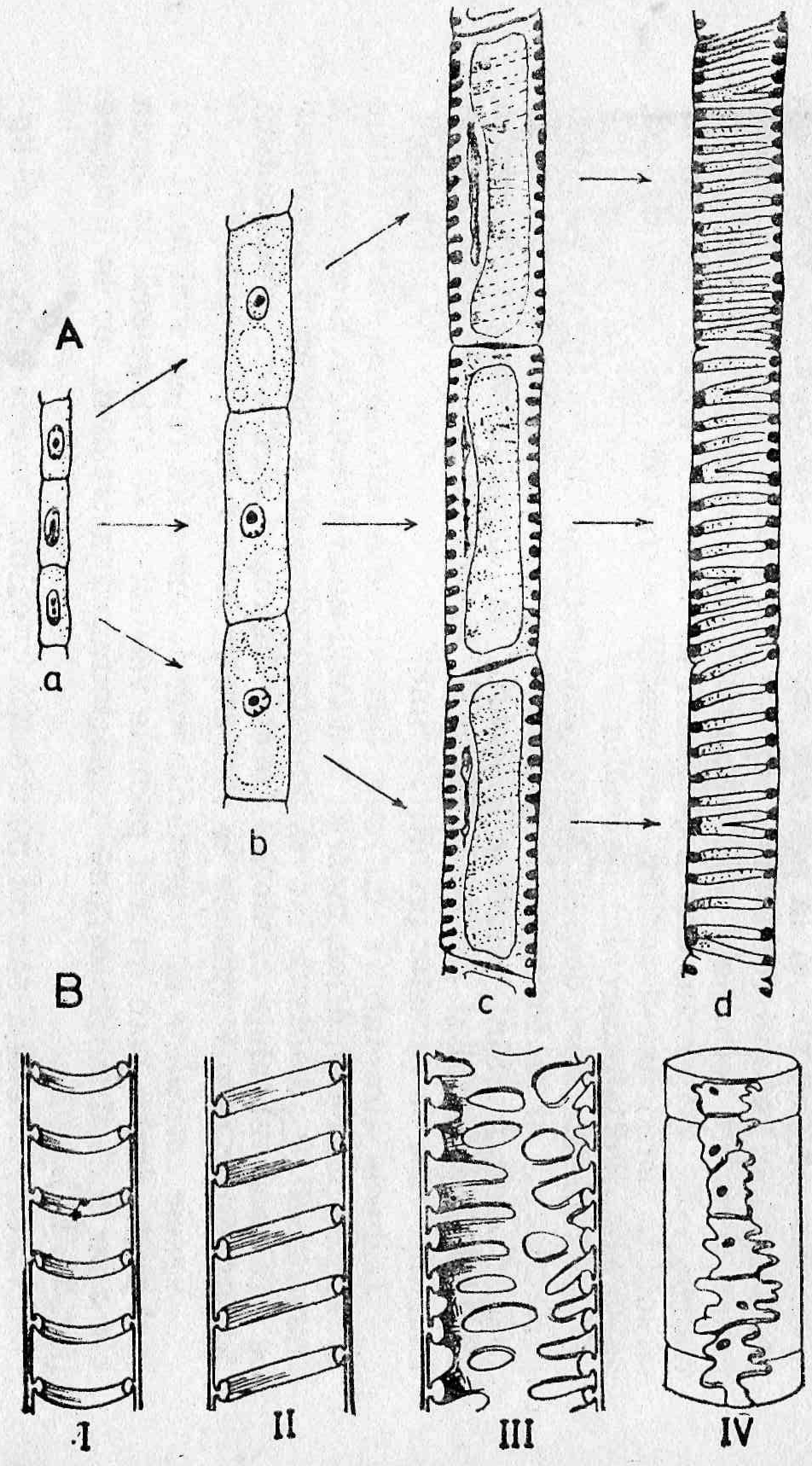
În grupul angiospermelor mai primitive, ca de exemplu la familia *Magnoliaceae*, precum şi la plantele *acvatice* şi cele *parazite*, traheidele predomină în ţesutul conducător lemnos. La frunzele tuturor angiospermelor, ultimele terminaţii ale nervurilor sînt constituite exclusiv din traheide. De asemenea, există şi cazuri în care se întîlnesc vase izolate situate în parenchimul acvifer, care constituie *traheide rezervorii de apă*, ca de exemplu la tuberculul de *Dahlia*.

b. *Traheele*, spre deosebire de traheide constituie un tip de vase mai perfecţionate şi se întîlnesc la plante superior organizate din punct de vedere evolutiv. Sînt prezente îndeosebi la angiosperme, cu excepţia unui grup cardinal şi anume la *Ranales*, la care se mai întîlnesc încă şi traheide, vase cu caracter primitiv, primar.

Traheele sînt tuburi continue, formate din suprapunerea de celule prozenchimatic-cilindrice, moarte, mai largi decît traheidele, la care pereţii transversali au dispărut, iar cei longitudinali poartă îngroşări lignificate ce limitează suprafeţe celulozice. Aceste îngroşări alcătuiesc ornamentaţii după a căror formă traheele se numesc reticulate sau punctate.

Vasele *reticulate* au îngroşările sub forma unei reţele mai mult sau mai puţin dense, care nu mai permite vasului să se alungească, de aceea ele apar mai tîrziu în organe, după terminarea creşterii lor în lungime (fig. 58, III).

Vasele *punctate*, sau cu punctuaţii, prezintă pereţii îngroşaţi şi lignificaţi pe cea mai mare parte a lor, rămînînd din loc în loc punctuaţii simple, areolate sau semiareolate. Vasele cu punctuaţii constituie ele-



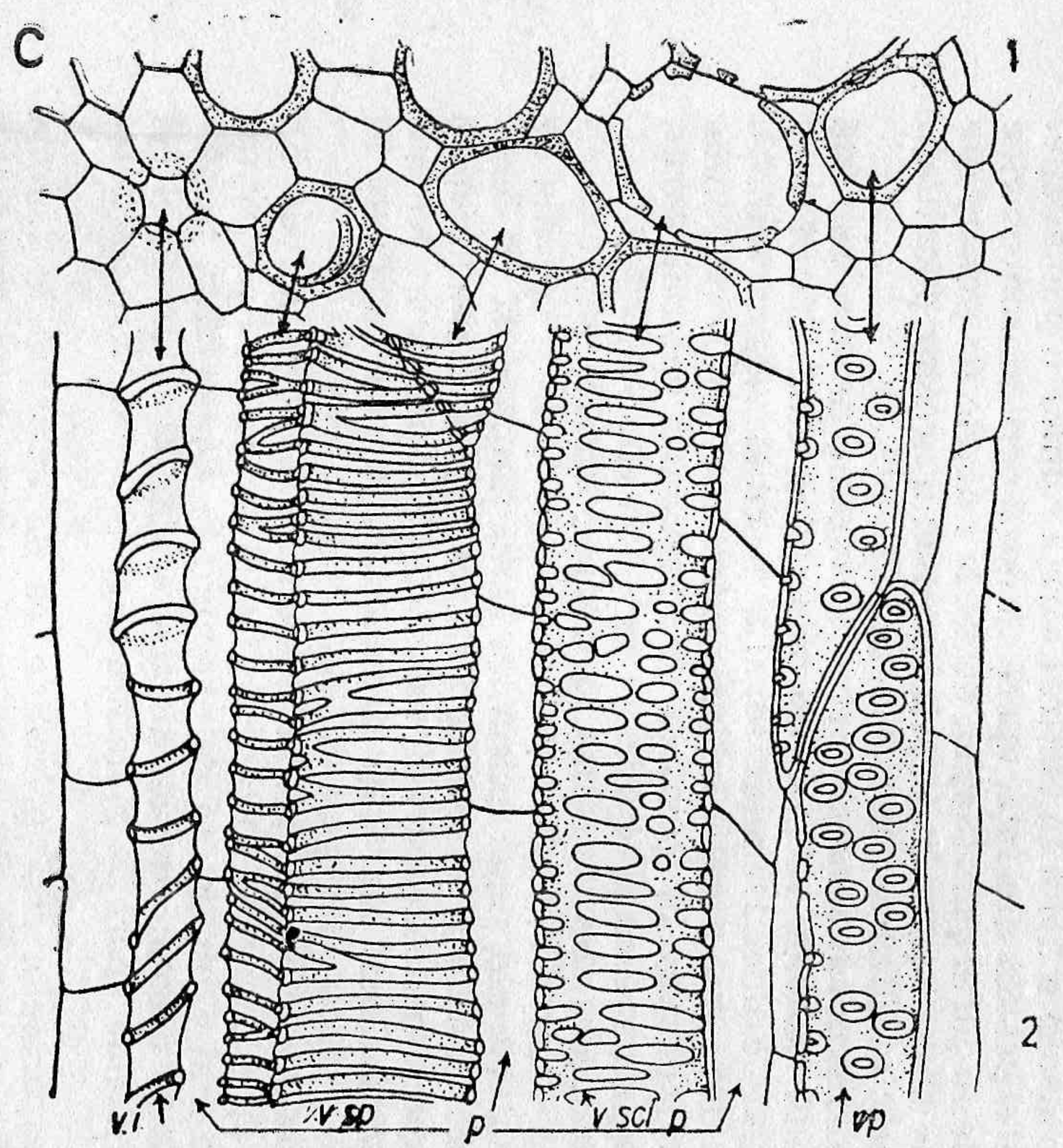


Fig. 58. Diferențierea unui vas lemnos (*A*) și tipuri de vase lemnoase (*B*) în secțiune longitudinală :

a — celulă vie; *b* — celulă în stadiul de creștere terminală; *c* — început de diferențiere a vasului; *d* — vasul complet diferențiat; *I* — inelat; *II* — spiralat; *III* — reticulat; *IV* — vas plin. În C se văd elemente ale lemnului primar din tulpina de *Aristolochia durior* (*1* — secțiune transversală; *2* — secțiune longitudinală); *p* — parenchim lemnos; *vi* — vas inelat; *vp* — vas punctat; *v scl p* — vas scalariform-punctat; *vsp* — vas spiralat (*A* : după C a m e f o r t; *B* : după T r o l l; *C* : după E s a u).

mentele principale conducătoare de la *Spermatophyta,* fiind cel mai bine organizate pentru conducerea sevei brute și în același timp mai rezistente decît celelalte, îndeplinind totodată și rolul de susținere.

Datorită îngroșărilor peretelui, vasele de lemn (atît traheele cît și traheidele) se pot menține deschise, permițînd circulația sevei, rezistînd la presiunea laterală exercitată de către celulele vii, turgescente ale parenchimurilor vecine.

În secțiune transversală traheele pot apare de contur angular sau rotunjit și peretele lateral poate fi subțire sau gros. Spre a evita unele confuzii trebuie să facem următoarele sublinieri : termenii de „inelat", „spiralat" și „reticulat" se aplică părților acoperite de îngroșări secundare lignificate, în timp ce termenii de „scalariform" și „punctat" se referă la părțile neacoperite de astfel de îngroșări.

Dacă vasele de lemn (cu deosebire traheele) nu mai sînt funcționale (conținînd numai aer și îndeplinind numai rol mecanic), cavitatea lor este adesea închisă de formațiuni numite *tile*, vizibile și frecvente mai ales în lemnul secundar bătrîn al plantelor lemnoase ; acesta se numește duramen sau „inima" lemnului.

O tilă este o expansiune în formă de veziculă, produsă de o celulă vie de parenchim (sub presiunea conținutului ei viu), ce traversează punctuația unui vas și se dilată în cavitatea acestuia (fig. 59, A). Peretele tilei poate rămîne subțire sau se îngroașă și chiar se lignifică. La plantele lemnoase cu vase înguste *(Acer, Betula)* tilele lipsesc ; acestea pot să se formeze și în vasele primare de la unele plante ierboase *(Convolvulus, Cucurbita, Rumex).*

Lemnul secundar cu multe tile este mai valoros decît cel cu tile puține ; tilele împiedică pătrunderea în vas a apei, a aerului și a filamentelor unor ciuperci parazite, ducînd la o mai bună conservare a lemnului, la creșterea valorii sale tehnice, putînd fi utilizat în mai bună măsură pentru traverse de cale ferată, poduri, doage de butoaie etc.

În afară de vasele lemnoase, care constituie elementele principale în țesutul conducător lemnos, se mai deosebesc : parenchimul lemnos și fibrele lemnoase (fig. 59, B).

Parenchimul lemnos este alcătuit din celule în care se depun substanțele de rezervă, în special amidon, mai ales în timpul iernii.

Parenchimul lemnos este format din celule vii, puțin alungite, cu peretele subțire, celulozic (mai ales la rădăcini) sau îngroșat și lignificat, prevăzut cu punctuații simple. Unele elemente de parenchim pot însoți vasele de lemn primar, însă cel mai adesea se află în lemnul secundar al gimnospermelor și dicotiledonatelor ; obișnuit, parenchimul lemnos apare la limita externă a lemnului tîrziu, dispoziție care ar facilita reluarea activității cambiale în primăvara următoare (în special la conifere) ; acest parenchim lemnos este adesea denumit *parenchim vertical,* deoarece pe o secțiune longitudinală se vede că el este alcătuit din celule asociate în șiruri verticale, fiecare șir avînd forma generală a unei traheide. La dicotiledonate parenchimul lemnos este localizat în mod variabil.

Razele „medulare" intralemnoase sînt proprii lemnului secundar și în secțiune transversală se prezintă ca șiruri uni-, bi-, sau pluriseriate de

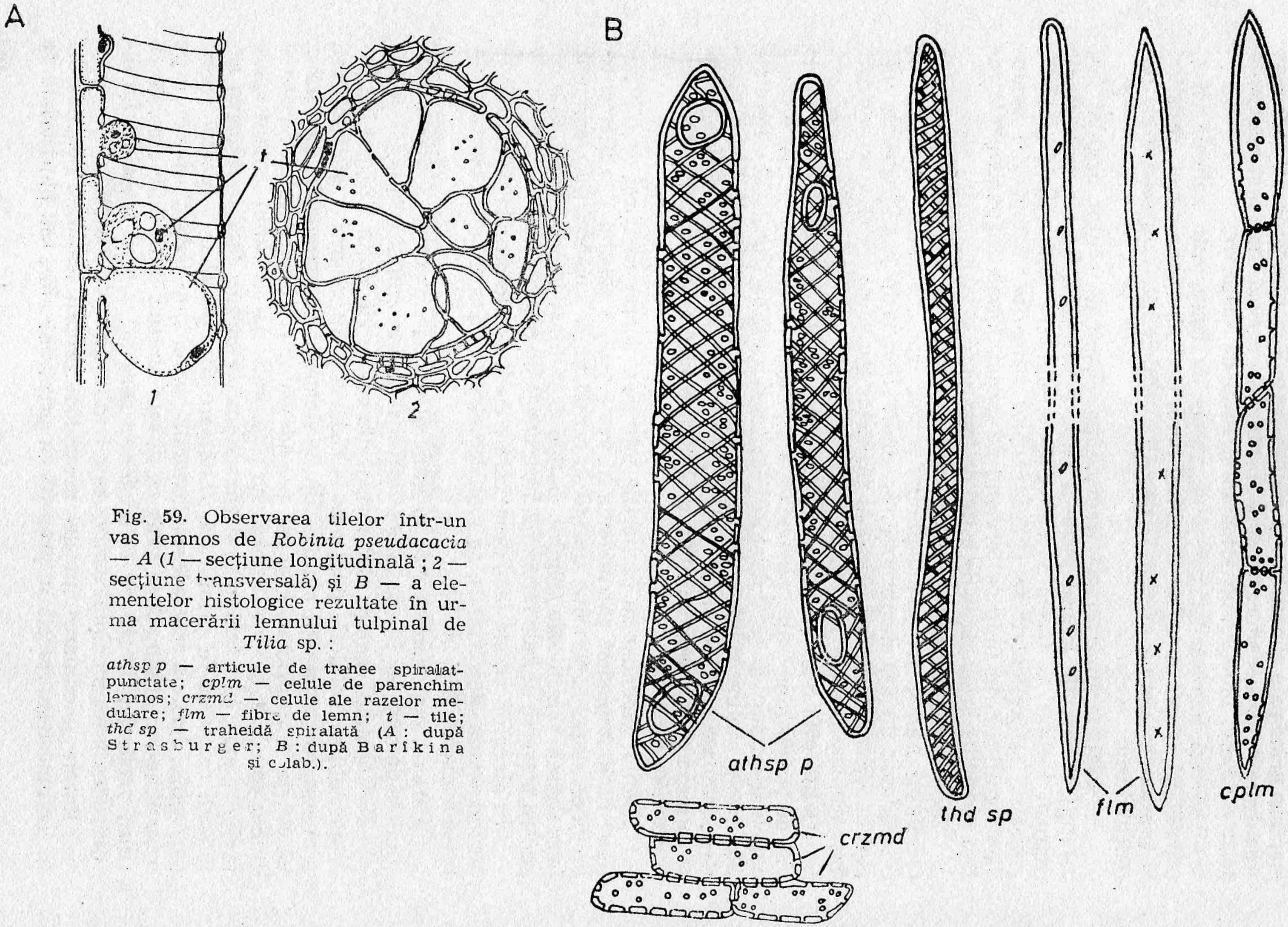


Fig. 59. Observarea tilelor într-un vas lemnos de *Robinia pseudacacia* — *A* (*1* — secțiune longitudinală ; *2* — secțiune transversală) și *B* — a elementelor histologice rezultate în urma macerării lemnului tulpinal de *Tilia* sp. :

athsp p — articule de trahee spiralat-punctate; *cplm* — celule de parenchim lemnos; *crzmd* — celule ale razelor medulare; *flm* — fibre de lemn; *t* — tile; *thd sp* — traheidă spiralată (*A* : după Strasburger; *B* : după Barîkina și colab.).

celule parenchimatice, alungite în sens radiar ; aceste șiruri merg de la periferie (cambiu) spre centru, avînd o profunzime mai mult sau mai puțin mare ; ele derivă din funcționarea particulară a anumitor celule cambiale și corespund șirurilor asemănătoare situate în liber. Pe secțiuni longitudinale razele medulare apar ca benzi de grosime variabilă, constituite din celule alungite în sens orizontal (*parenchim orizontal*), în opoziție cu parenchimul lemnos numit și *parenchim vertical*.

Fibrele lemnoase reprezintă elemente mecanice care însoțesc vasele conducătoare numai în lemnul secundar ; ele alcătuiesc *libriformul* și au fost descrise la țesutul sclerenchimatic. Acestea se aseamănă cu fibrele corticale și periciclice, însă punctuațiile lor sînt adesea de tip areolat, ovale și cu deschidere alungită, ca o butonieră. După aspectul lor se disting : *fibre traheide*, cu punctuații tipice, care sînt frecvente mai ales la *Gnetales, Amentales, Magnoliaceae ; fibre libriforme*, cu punctuații încrucișate foarte alungite și sînt cele mai frecvente la *Dicotyledonatae ; fibre septate*, a căror lumen este împărțit de pereții transversali, nelignificați și sînt frecvente la plantele ierbacee ; *pseudofibre*, celule rămase vii.

Plantele care au multe traheide cu punctuații areolate, cum sînt majoritatea gimnospermelor, nu conțin sau conțin foarte puține fibre lemnoase. Traheidele cu punctuații areolate sînt adaptate la un dublu rol ; de conducere și de susținere.

Vasele lemnoase, parenchimul lemnos și libriformul constituie la un loc *fascicule lemnoase* sau *xilematice* (de la gr. *xylon*=lemn). Dacă lipsesc din fascicul fibrele lemnoase, mecanice, elementele rămase poartă numele de *hadrom* (de la gr. *hadros*=tare, vîrtos).

Xilemul primar, ontogenetic se formează din procambiu și este de două feluri : *protoxilemul* și *metaxilemul*.

Protoxilemul (de la gr. *protos* = cel dintîi și *xylon* = lemn) este alcătuit din primele elemente lemnoase, care iau naștere în timpul creșterii în lungime, au un lumen îngust, iar pereții prezintă îngroșări inelate, spiratale și reticulate. Cu privire la poziția acestor vase, la rădăcină ele sînt situate spre periferie *(exarh)*, ținînd seama de dezvoltarea lor centripetă, iar la tulpină au o dezvoltare centrifugă și o poziție în centrul organului *(endarh)* în care se află.

Metaxilemul (de la gr. *meta*=între, adică cu lemn intermediar între protoxilem și lemn secundar și *xylon*=lemn) apare după ce a încetat creșterea în lungime a organului. Vasele acestuia prezintă un lumen mai mare, iar îngroșările sînt variate, de obicei reticulate, scalariforme, punctate (cu punctuații areolate) și chiar spiralate.

Țesutul conducător lemnos secundar își are originea în cambiu (meristem secundar) și elementele sale au o structură legată de anotimpuri. Astfel, se distinge *lemnul de primăvară* sau *lemnul timpuriu*, ale cărui elemente au un diametrul mare și *lemnul de toamnă* sau *lemnul tîrziu*, la care diametrul vaselor este mai mic. În general, diametrul vaselor din lemnul secundar este proporțional cu regimul de irigare și de îngrășare a solului. S-a constatat că la aplicarea unui regim irigat diametrul vaselor crește pînă la dublu. În lemnul secundar apare pentru prima dată parenchimul lemnos cu rol de vitalizare, odată cu diferențierea inelelor anuale, care rezultă din alternarea lemnului de primăvară cu cel de toamnă.

3.5.4.2. ŢESUTUL CONDUCĂTOR LIBERIAN (liberul, leptomul sau floemul)

La *Cormophyta* (plante superioare), ţesutul conducător liberian este alcătuit din următoarele elemente : *tuburi ciuruite* sau vase liberiene propriu-zise, care constituie componentele de bază ; *celule anexe*, care lipsesc la pteridofite, gimnosperme, unele angiosperme (ca de exemplu la *Solanum tuberosum*) ; *parenchim liberian* ; *fibre liberiene*.

Tuburile ciuruite sînt alcătuite din celule prozenchimatice vii, care îşi au originea în celulele procambiale sau cambiale. O celulă procambială se divide longitudinal în două celule egale la început ca mărime ; una din celule va da naştere la celula anexă, iar cealaltă, prin alungire, va da naştere la vasul liberian în care apare o singură vacuolă mare, ce rezultă din fuzionarea celor mici (fig. 60, A). Pereţii laterali ai vasului rămîn tot celulozici, dar se îngroaşă. La maturitate tuburile ciuruite devin anucleate, cu pereţii transversali persistenţi, ce prezintă numeroase perforaţii şi sînt găuriţi ca un ciur, de unde le vine şi numele.

Cînd pereţii transversali sînt perpendiculari pe axul longitudinal al vasului, ei prezintă un singur cîmp ciuruit simplu (placă ciuruită simplă), ca la *Cucurbita pepo* (fig. 61, B). Pereţii pot fi însă şi oblici, în care caz prezintă mai multe cîmpuri ciuruite, constituind aşa-numitele *plăci ciuruite multiple*, ca la *Vitis* (fig. 61, A). Plăci ciuruite se mai pot găsi şi în pereţii longitudinali, cum este cazul la conifere, ele fiind situate la acelaşi nivel, între două vase vecine şi permit circulaţia sevei în sens transversal. Perforaţiile respective sînt foarte fine îndeosebi la pteridofite şi gimnosperme, iar la unele angiosperme, ca de exemplu la *Cucurbita*, sînt foarte mari.

În tuburile ciuruite tinere citoplasma se află în continuă mişcare şi conţine substanţe albuminoide şi hidraţi de carbon, substanţe mucilaginoase şi uneori săruri minerale produse din asimilaţia clorofiliană, care constituie seva elaborată. În tuburile ciuruite bătrîne mişcarea citoplasmei încetează, iar nucleul se resoarbe. Vasele ciuruite bătrîne sînt singurele tipuri de celule vii fără nucleu.

Peretele tuburilor ciuruite este de natură celulozică ; la început este subţire, dar apoi se îngroaşă treptat, rămînînd însă tot celulozic ; el nu se lignifică deci niciodată.

La *Pteridophyta* şi *Gymnospermae* tuburile ciuruite sînt celule lungi, cu pereţii terminali foarte înclinaţi, fără diferenţieri particulare ; cel mai adesea, tuburile ciuruite sînt dispersate şi nu dispuse în şiruri longitudinale : ele au în toţi pereţii ciururi, cîmpuri ciuruite sau plăci ciuruite.

În mod obişnuit tuburile ciuruite nu funcţionează decît o singură perioadă de vegetaţie, după care mor şi se formează altele noi ; numai la monocotiledonate ele funcţionează tot timpul vieţii plantelor. În unele cazuri se întîmplă ca tuburile ciuruite să devină inactive iarna, iar spre primăvară să-şi reia activitatea. În asemenea condiţii pereţii despărţitori

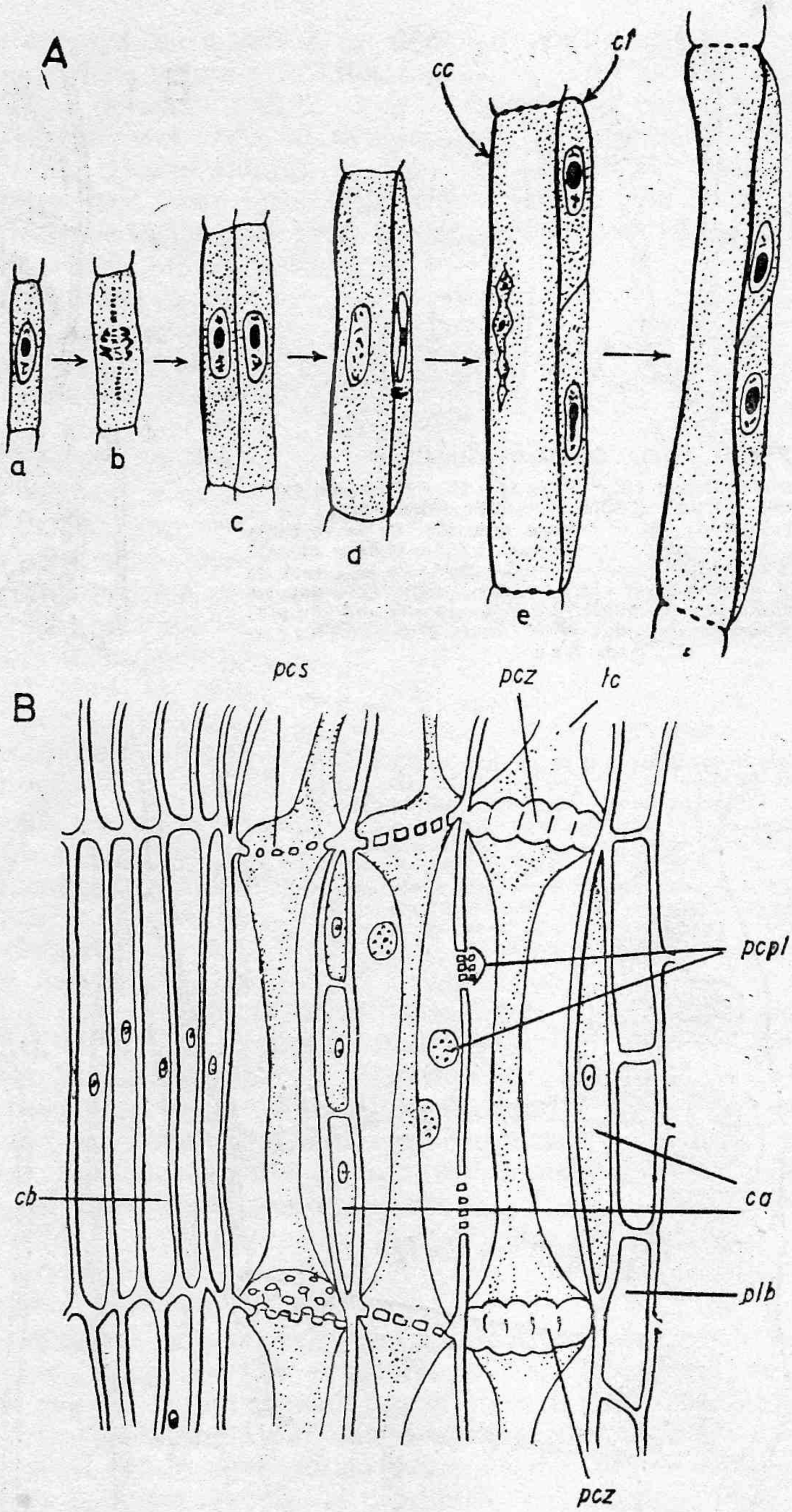


Fig. 60. Diferențierea unei celule ciuruite (*A* : *a*—*f*) și structura liberului într-o secțiune longitudinală prin tulpina de *Cucurbita pepo* (*B*) :

ca — celule anexe; *cb* — cambiu; *cc* — celulă ciuruită; *cf* — celulă însoțitoare (anexă); *pcpl* — plăci ciuruite simple din pereții laterali; *pcs* — placă ciuruită simplă (din peretele transversal); *pcz* — placă de celuloză; *plb* — parenchim liberian; *tc* — tuburi ciuruite (*A*: după C a m e f o r t; *B*: după B a r f k i n a și colab.).

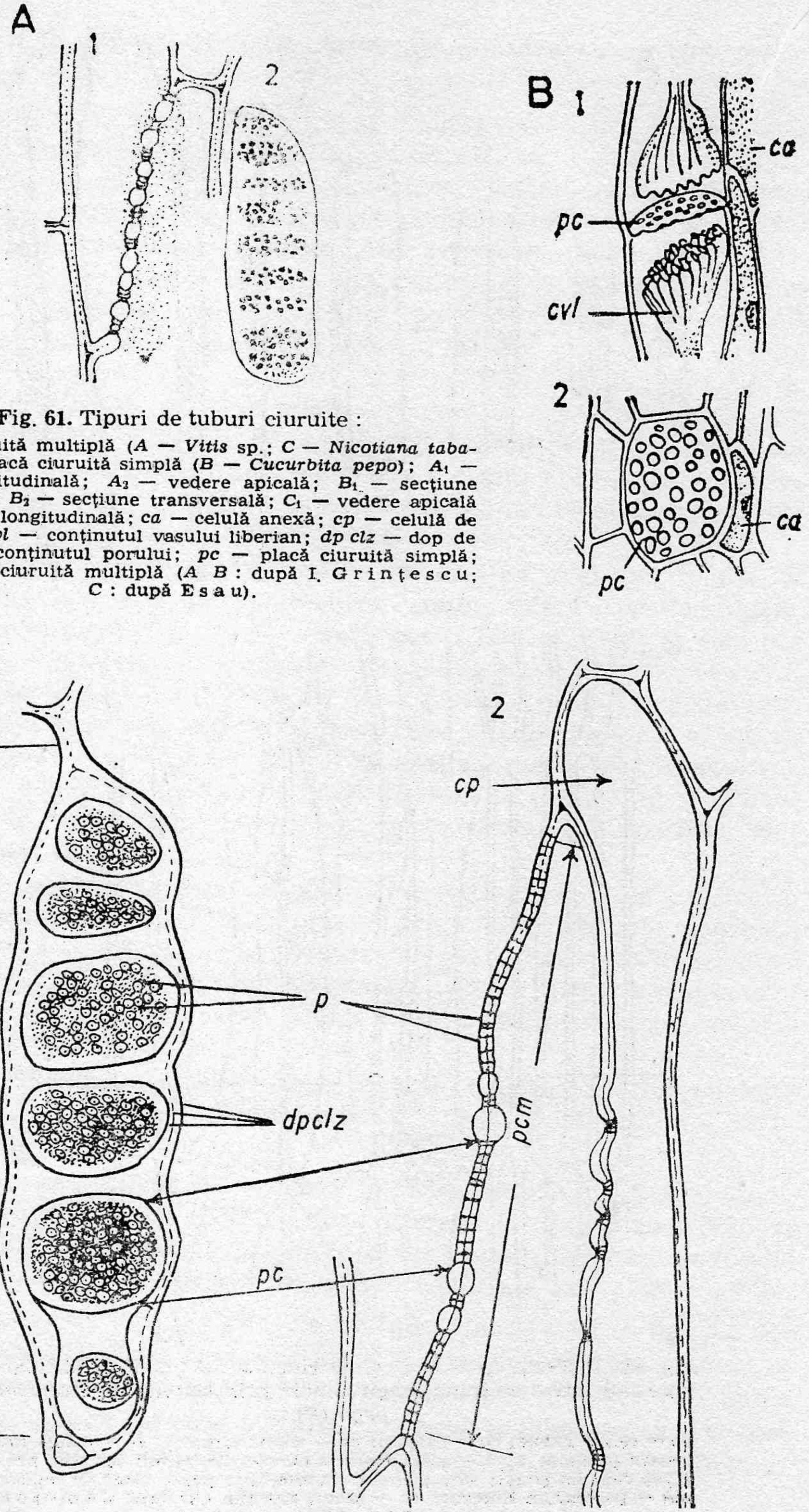


Fig. 61. Tipuri de tuburi ciuruite :

cu placă ciuruită multiplă (*A* — *Vitis* sp.; *C* — *Nicotiana tabacum*) şi cu placă ciuruită simplă (*B* — *Cucurbita pepo*); A_1 — secţiune longitudinală; A_2 — vedere apicală; B_1 — secţiune longitudinală; B_2 — secţiune transversală; C_1 — vedere apicală C_2 — secţiune longitudinală; *ca* — celulă anexă; *cp* — celulă de parenchim; *cvl* — conţinutul vasului liberian; *dp clz* — dop de caloză; *p* — conţinutul porului; *pc* — placă ciuruită simplă; *pcm* — placă ciuruită multiplă (*A B* : după I. Grinţescu; *C* : după Esau).

ciuruiți se acoperă cu o substanță denumită *caloză* (fig. 62), de natură glucidică, care este solubilă în glicerină la 300 °C și care la unele plante, cum este *Vitis*, primăvara se dizolvă, se resoarbe și circulația sevei reîncepe. Caloza se poate pune în evidență prin colorarea în roșu brun cu ClZnI (clorură de zinc iodată), în roșu cu *coralină* și în albastru cu *albastru de resorcină* ; este insolubilă în amoniac cu oxid de cupru și solubilă în hidrat de potasiu la rece, în concentrație de 1% și prin apariția calozei dispare amidonul.

În alte cazuri, datorită calozei, care nu se resoarbe, vasele mor și în locul acestora apar altele mai tinere.

Evoluția filogenetică a tuburilor ciuruite se traduce prin dispariția progresivă a perforațiilor din pereții laterali ai celulelor ; la dicoliledonatele arborescente se mai observă încă perforații în pereții laterali, pe cînd la cele ierboase (mai evoluate) ele se mențin numai în pereții terminali.

Totodată, în procesul de evoluție a speciilor se constată : scurtarea articulelor tuburilor ciuruite, mărirea diametrului lor, micșorarea ciururilor ; la speciile mai puțin evoluate pereții terminali ai tuburilor ciuruite sînt foarte oblici, în timp ce la speciile mai evoluate ei devin tot mai transversali (orizontali). La angiosperme tuburile ciuruite tind să devină cilindrice și să se suprapună unele peste altele, formînd astfel tuburi continue, ai căror pereți transversali tind să devină orizontali și ciuruiți.

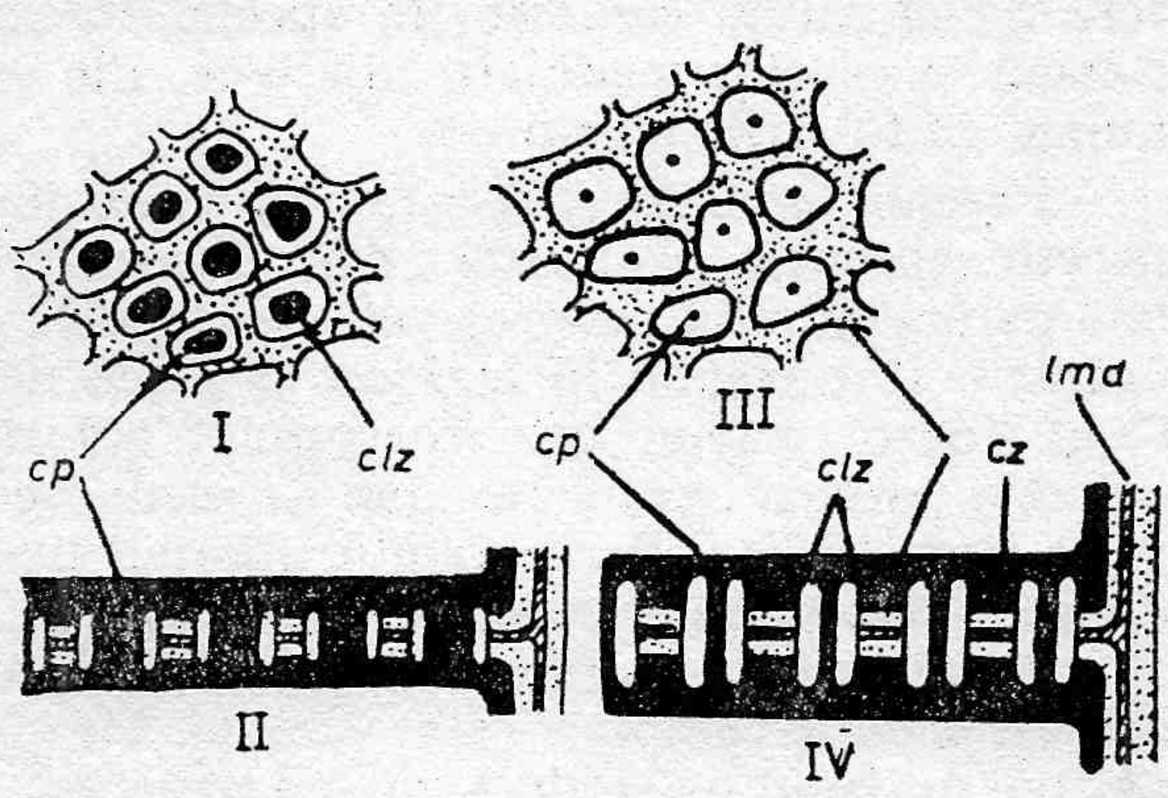


Fig. 62. Interpretarea structurii plăcii ciuruite de la *Angiospermae* :

fiecare desen reprezintă o parte a plăcii ciuruite cu mai mulți pori. *I, III* — vedere din față; *II, IV* — secțiune longitudinală. Conținutul protoplasmatic al articulelor unui tub ciuruit, care acoperă plăcile ciuruite în II și IV, este marcat în negru; *I, II* — plăci ciuruite tinere; *III, IV* — plăci ciuruite mai în vîrstă. În III și IV cantitatea de caloză crește și astfel porii se îngustează; *clz* — cilindru de caloză; *cp* — conținutul porului; *cz* — porțiune din peretele celulozic; *lmd* — lamelă mediană (după Kaussmann).

Așadar, tuburile ciuruite își datoresc numele faptului că pereții terminali ai celulelor componente, văzuți din față, au aspect de *ciur* sau *placă ciuruită*, în care alternează porțiuni din perete cu pori. Porii perforează complet peretele celulozic și lamela mediană, ceea ce nu se întîmplă în cazul punctuațiilor obișnuite.

Celulele anexe sînt proprii numai angiospermelor, unde se formează din diviziunea longitudinală a celulei inițiale (procambiale sau cambiale) care va da tubul ciuruit ; prin aceasta rezultă o mică celulă laterală (de contur triunghiular sau dreptunghiular în secțiune transversală) ; o aceeași celulă primordială poate da mai multe celule anexe care sînt lipite de tuburile ciuruite și comunică cu acestea prin punctuații simple din pereții laterali.

Celulele anexe sînt în general mai scurte și mai strîmte decît tuburile ciuruite, uneori chiar de două trei ori și sînt tot elemente vii, cu citoplasmă densă, nucleu voluminos și cîteva vacuole, iar pereții lor nu au

ciururi. Prin conținutul citoplasmatic bogat și prin lipsa amidonului, celulele anexe diferă de cele ale parenchimului liberian (v. fig. 60).

Rolul celulelor anexe nu este încă bine precizat. Cercetările efectuate la microscopul electronic infirmă părerile mai vechi, conform cărora ele ar putea să se transforme treptat în tuburi ciuruite tipice și că deci ar putea constitui o rezervă potențială de elemente conducătoare.

Comparabile cu celulele anexe de la angiosperme, *celulele albuminifere* de la multe conifere (în special *Pinaceae*) sînt dispuse în serii, pe flancurile razelor medulare liberiene. Ele conțin ciururi și sînt în relație numai cu tuburile ciuruite.

Parenchimul liberian este constituit din celule vii, puțin alungite, cu pereții celulozici, neciuruiți ; doar dimensiunile lor mici le disting de celulele parenchimului cortical vecin și de cele ale periciclului parenchimatic. Celulele sînt bogate în amidon și joacă deci rolul țesutului de rezervă. Cînd liberul primar este comprimat datorită dezvoltării celui secundar, celulele parenchimului liberian se recunosc încă, în timp ce tuburile ciuruite sînt strivite. Parenchimul liberian lipsește de regulă la monocotiledonate și este însoțit uneori de sclereide (ex. *Quercus*).

Razele medulare liberiene se află în continuarea celor din lemn, avînd aceeași origine cambială ca și acestea. Ele constituie, ca și parenchimul liberian, un țesut de rezervă adesea amilifer.

Fibrele liberiene sînt prezente numai în liberul secundar și reprezintă elemente de sclerenchim cu punctuații simple, avînd rolul de susținere, constituind așa-numitul liber tare (ex. în tulpina de *Tilia*, unde sînt dispuse în straturi tangențiale, concentrice, alternînd cu tuburile ciuruite, celulele anexe și parenchimul liberian), cu aspect stratificat (fig. 63).

Unii autori consideră că fibrele liberiene sînt prezente și în liberul primar de la unele plante, avînd pereții celulozici (ex. *Linum*) sau lignificați (ex. *Cannabis*).

Pe lîngă categoriile de elemente amintite, menționăm că și celulele *tecilor conducătoare* din jurul nervurilor au rol conducător local, servind pentru circulația zaharurilor sintetizate în țesutul asimilator, spre liberul fasciculelor conducătoare din frunze.

Ca și în cazul țesutului conducător lemnos și elementele țesutului conducător liberian sînt grupate, constituind *fascicule liberiene* sau *floematice* (de la gr. *phloios*=scoarță). Dacă lipsește țesutul mecanic, reprezentat prin fibrele liberiene, țesutul conducător liberian se numește *leptom* (de la gr. *leptos*=subțire). Primele tuburi ciuruite care se formează sînt numite *protofloem*, iar cele care apar mai tîrziu, *metafloem*.

Pe lîngă elementele histologice analizate, atît în liberul cît și în lemnul unor specii de *Spermatophyta* se mai pot întîlni și elemente accesorii, cum sînt celulele secretoare — ca la *Lauraceae*, canalele secretoare — ca la *Coniferales*, *Umbelliferae*, celulele mucilagigene — ca la *Malvaceae*, celulele cu nisip de oxalat de calciu — ca la *Solanaceae* și mai ales laticiferele — ca la *Compositae*, *Moraceae*, *Euphorbiaceae*, *Papaveraceae* etc.

Ca origine, elementele țesuturilor conducătoare pot fi *primare*, cînd iau naștere din meristemul primar numit procambiu și *secundare*, cînd iau naștere din meristemul secundar numit cambiu. În organele cu structură primară, elementele conducătoare se asociază în fascicule bine individualizate. În organele cu structură secundară, elementele conducătoare

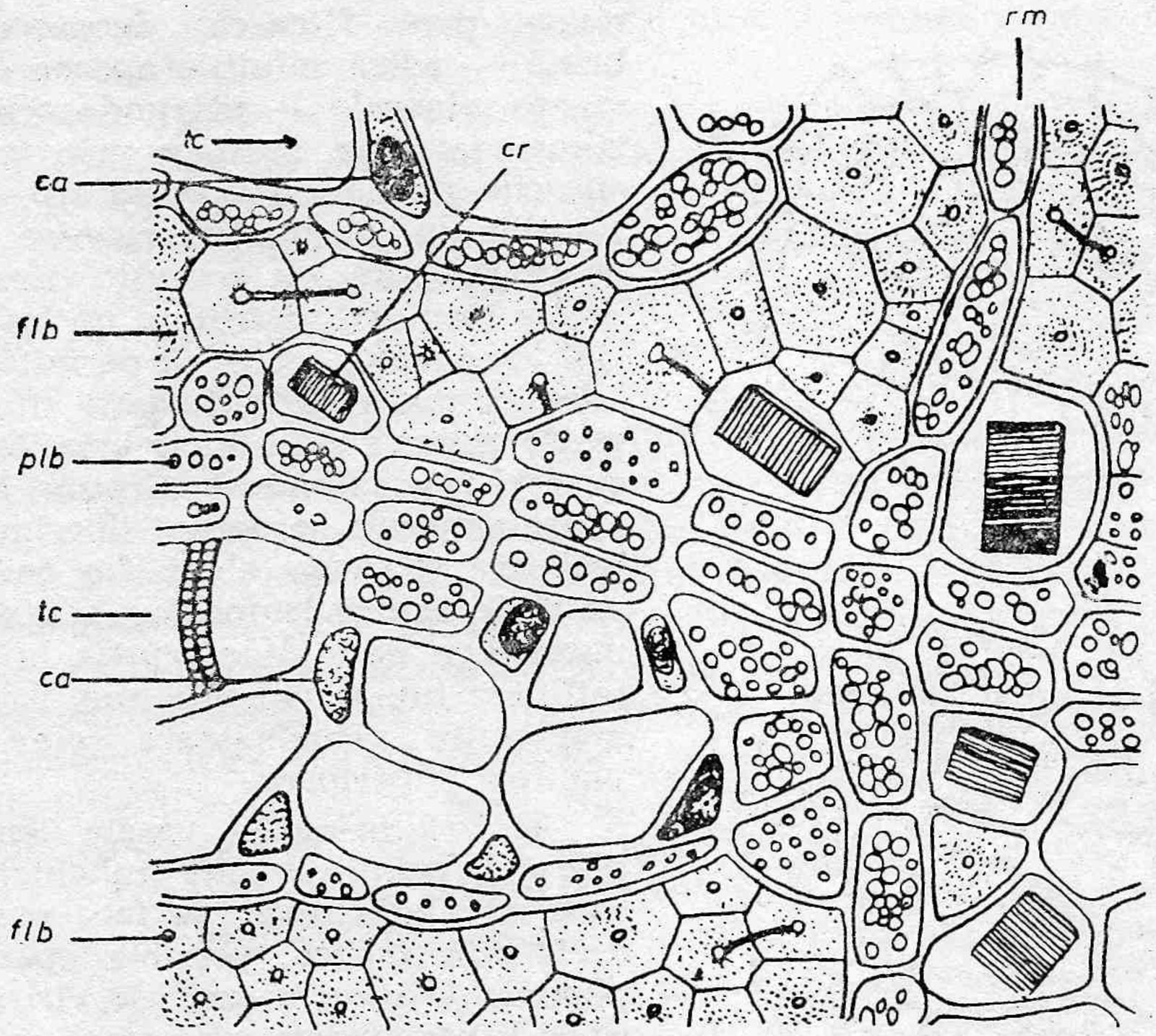


Fig. 63. Alcătuirea liberului în tulpina de *Tilia* sp. (secțiune transversală) :

ca — celule anexe; *cr* — cristale simple de oxalat de calciu; *flb* — fibre liberiene (liber tare); *plb* — parenchim liberian; *rm* — rază medulară; *tc* — tuburi ciuruite (după Strasburger).

formează adeseori zone circulare (cilindrice) concentrice, străbătute de raze medulare.

Evoluția filogenetică a vaselor conducătoare. Apariția vaselor conducătoare în seria vegetală reprezintă un salt calitativ deosebit, ele întîlnindu-se numai la grupele mai evoluate de plante, numite vasculare : *Pteridophyta, Gymnospermae* și *Angiospermae*, adaptate la mediul terestru.

Specializarea în legătură cu funcția de conducere se manifestă în primul rînd prin alungirea lor, perforarea sau dispariția pereților terminali ai elementelor ce intră în alcătuirea vaselor lemnoase și liberiene, ceea ce a condus, în cele din urmă, la formarea de tuburi lungi, prin care circulă seva brută și seva elaborată.

Un prim început de diferențiere a unui liber și lemn primitiv se întîlnește chiar la unele briofite, însă acestea nu sînt omologate cu liberul și lemnul plantelor vasculare. Astfel, în mijlocul tulpiniței de *Polytrichum* se găsește un grup de celule alungite, moarte, cu pereții laterali mai groși iar cei transversali subțiri și oblici, ce conduc apa, simulînd un lemn primitiv, iar în jurul acestui fascicul se află un inel de celule, de asemenea lungite, dar vii și cu pereții subțiri, ce servesc pentru circulația unor substanțe asimilate, simulînd un liber primitiv.

Cele dintîi vase conducătoare adevărate care au apărut în cursul evoluției, se pare că sînt vasele liberiene. Apariția lor înaintea celor lem-

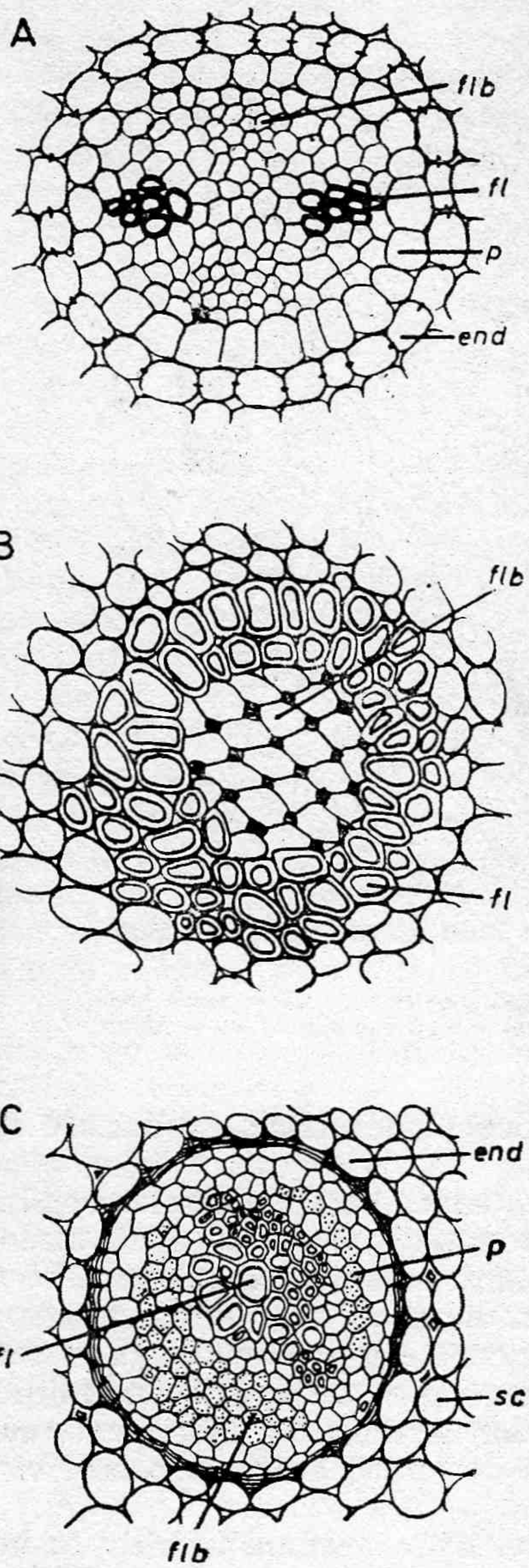


Fig. 64. Tipuri de fascicule conducătoare (secțiune transversală) :

fascicule simple în rădăcina de *Nigela damascena* (*A*); fascicul leptocentric în rizomul de *Convallaria majalis* (*B*); fascicul hadrocentric în rizomul de *Polypodium vulgare* (*C*); *end* — endodermă; *fl* — fascicul lemnos; *flb* — fascicul liberian; *p* — periciclu; *sc* — scoarță (*A*: după Troll; *B*: după M. Răvăruț și E. Turenschi; *C*: după *I.* Grințescu).

noase pare firească, deoarece seva brută — adică soluțiile apoase cu substanțe minerale — pătrunde prin difuziune mai ușor, aproape prin toate țesuturile, pe cînd seva elaborată — adică soluțiile cu substanțe organice — nu poate străbate cu aceeași viteză prin aceste țesuturi, necesitînd un țesut special conducător, care să permită circulația lor mai repede. Această situație se poate observa și la unele briofite, ca de exemplu la *Mnium*, *Bryum* la care apare un țesut de natură liberiană, mai primitiv (fără ca el să fie însoțit de unul de natură lemnoasă), sau chiar la unele alge, ca la *Macrocystis*, la care se întîlnesc tuburi ciuruite mai mult sau mai puțin asemănătoare celor de la plantele superioare.

Referindu-ne la vasele lemnoase, cele mai primitive sînt traheidele, prin care circulația sevei se face mai încet decît prin trahee, primele apărînd la plantele la care viteza de circulație a sevei brute nu este prea mare.

Deși se întîlnesc mai la toate plantele, traheidele sînt proprii în special pteridofitelor, gimnospermelor, familiilor mai primitive dintre angiosperme, precum și plantelor acvatice și parazite.

Dintre traheide, cele mai primitive sînt considerate a fi cele inelate, care apar și la formele primitive de pteridofite, ca de exemplu la *Rhynia*. La pteridofite întîlnim mai ales traheide scalariforme, tip de vase de la care s-a trecut la cele cu punctuații areolate ; se cunosc totuși și trahee de un tip special.

La gimnosperme întîlnim, în mod frecvent, traheide cu punctuații areolate. Traheele sînt mai puțin răspîndite, ca de exemplu la *Gnetales* și de un tip special. Evoluția traheidelor a mers în direcția scurtării lor și a reducerii numărului de punctuații. Într-adevăr, traheidele spermatofitelor actuale sînt mult mai scurte decît cele de la pteridofite.

La angiosperme, traheidele sînt foarte variate, dar tipul de îngroșare

scalariformă se întîlnește foarte rar, mai ales în lemnul primar al unor monocotiledonate.

Traheele, lipsite de pereți transversali între celulele componente, reprezintă forma cea mai adaptată la circulația apei cu o viteză mai mare și pe distanțe mai lungi, devenind elementele fundamentale și cele mai des întîlnite în lemnul angiospermelor.

Fasciculele conducătoare. Țesuturile conducătoare, fie lemnoase, fie liberiene, sînt grupate în fascicule care se clasifică în mai multe tipuri, ținînd seama de elementele constitutive, de prezența sau absența zonei cambiale intrafasciculare, precum și de poziția lemnului față de liber.

Un prim tip de fascicule îl constituie cele *simple*, formate fie numai din țesut conducător lemnos, fie numai din țesut liberian, așa cum se întîlnește în structura rădăcinii, unde ele sînt dispuse alternativ (fig. 64, A).

Fasciculele constituite atît din țesut conducător lemnos cît și liberian sînt *compuse, mixte* sau *libero-lemnoase* și se cunosc mai multe tipuri, ținînd seama de poziția lemnului față de liber. Astfel, sînt fascicule *concentric-hadrocentrice* sau *amficribrale* la care țesutul lemnos are de jur împrejur țesut liberian, ca la ferigi (fig. 64, C), iar în cazul invers, fasciculele sînt *concentric-leptocentrice* sau *amfivasale* (fig. 64, B), ca la tulpinile aeriene și subterane de la monocotiledonate, ca de exemplu la *Gramineae, Liliaceae* (fig. 64, B), *Palmae*.

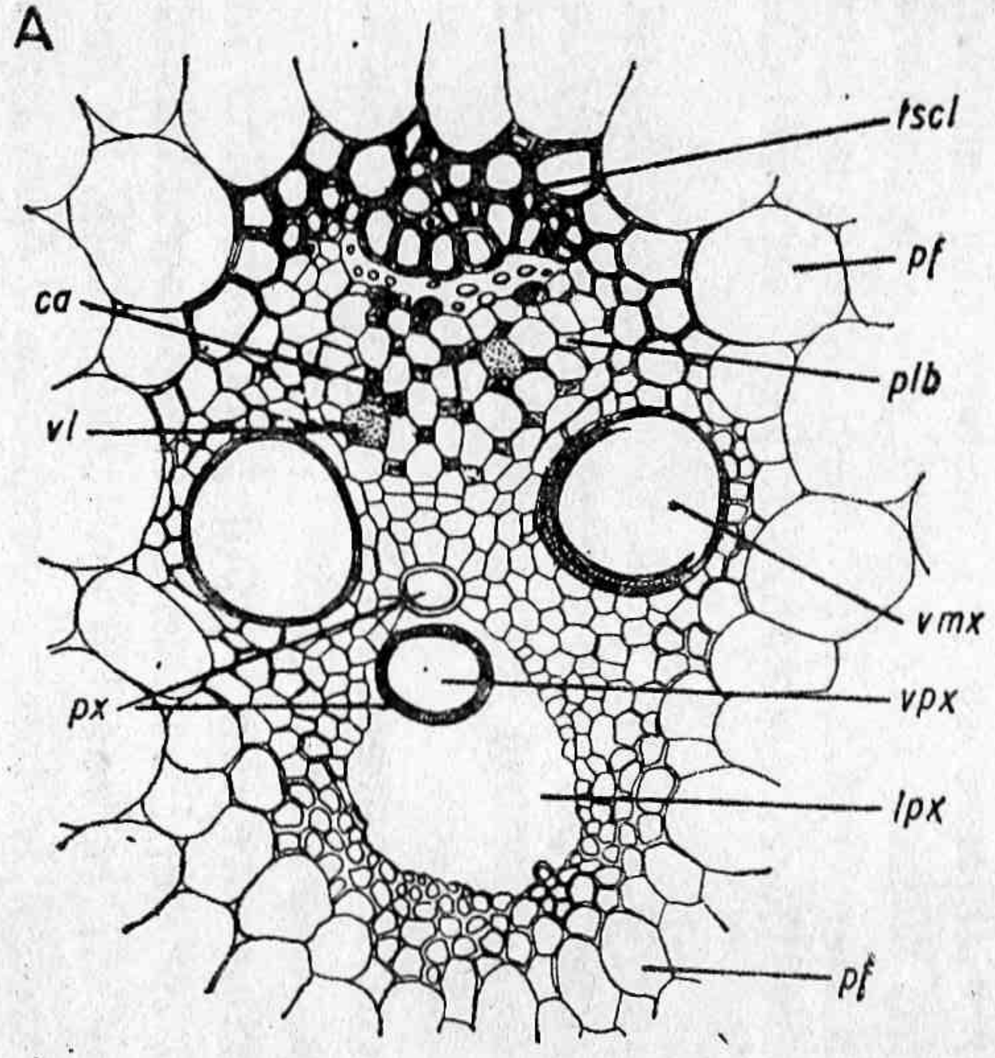
Cînd liberul are o poziție periferică față de lemn, fasciculul este *colateral* și poate fi ' *deschis*, cînd între liber și lemn se află zona cambială (liberolemnoasă) itnarfasciculară, ca la dicotiledonate (fig. 65, B) și *închis*, cînd zona cambială se consumă total odată cu diferențierea în întregime a fasciculului, ca la monocotiledonate (fig. 65, A).

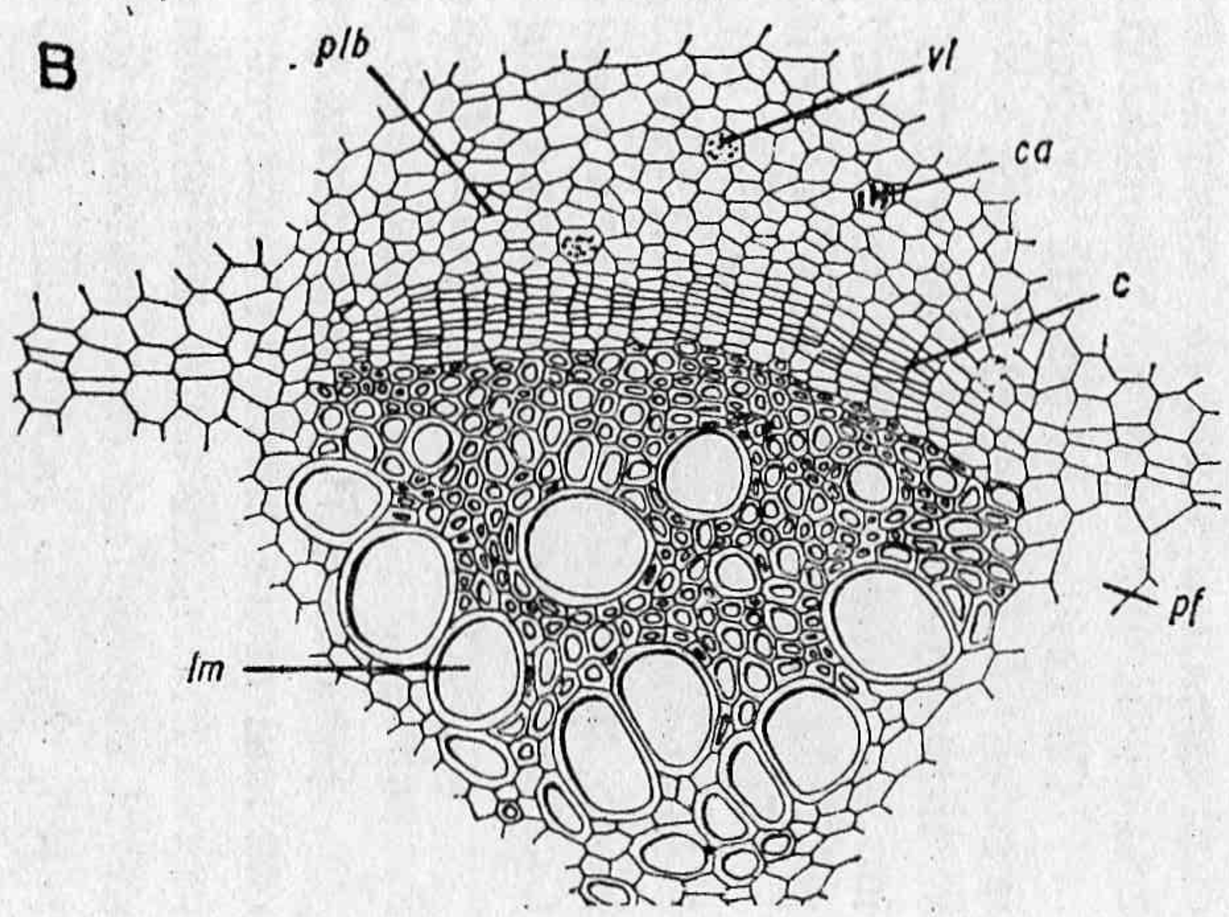
Cu privire la poziția primelor elemente ce iau naștere din cambiu, acestea — în lemnul tulpinii — sînt situate spre centru, ceea ce demonstrează diferențierea centrifugală a elementelor lemnoase, invers de cum iau ele naștere în liber, la care diferențierea elementelor este centripetală, primele fiind situate spre periferie.

La dicotiledonate se mai întîlnește un tip de fascicul și anume cel *bicolateral*, la care lemnul este flancat, spre exterior și spre interior, de liber, prezentînd și o zonă cambială dispusă sub liberul extern, ca la *Cucurbitaceae, Solanaceae* ș.a. (fig. 65, C).

În secțiune transversală, fasciculele concentrice au o formă circulară, iar celelalte au o formă mai mult sau mai puțin ovală.

Țesutul lemnos reprezintă partea tare din corpul plantelor, fiind în cea mai mare parte un țesut mort, iar cel liberian, deoarece este alcătuit în cea mai mare parte din elemente vii, reprezintă un țesut moale. În general elementele conducătoare formează în țesutul respectiv o adevărată rețea, datorită ramificării, dedublării și anastomozării, pentru care un exemplu concludent îl reprezintă fructul de la *Luffa* (buretele vegetal), care nu este altceva decît țesutul conducător rămas după macerarea completă a celorlalte țesuturi.





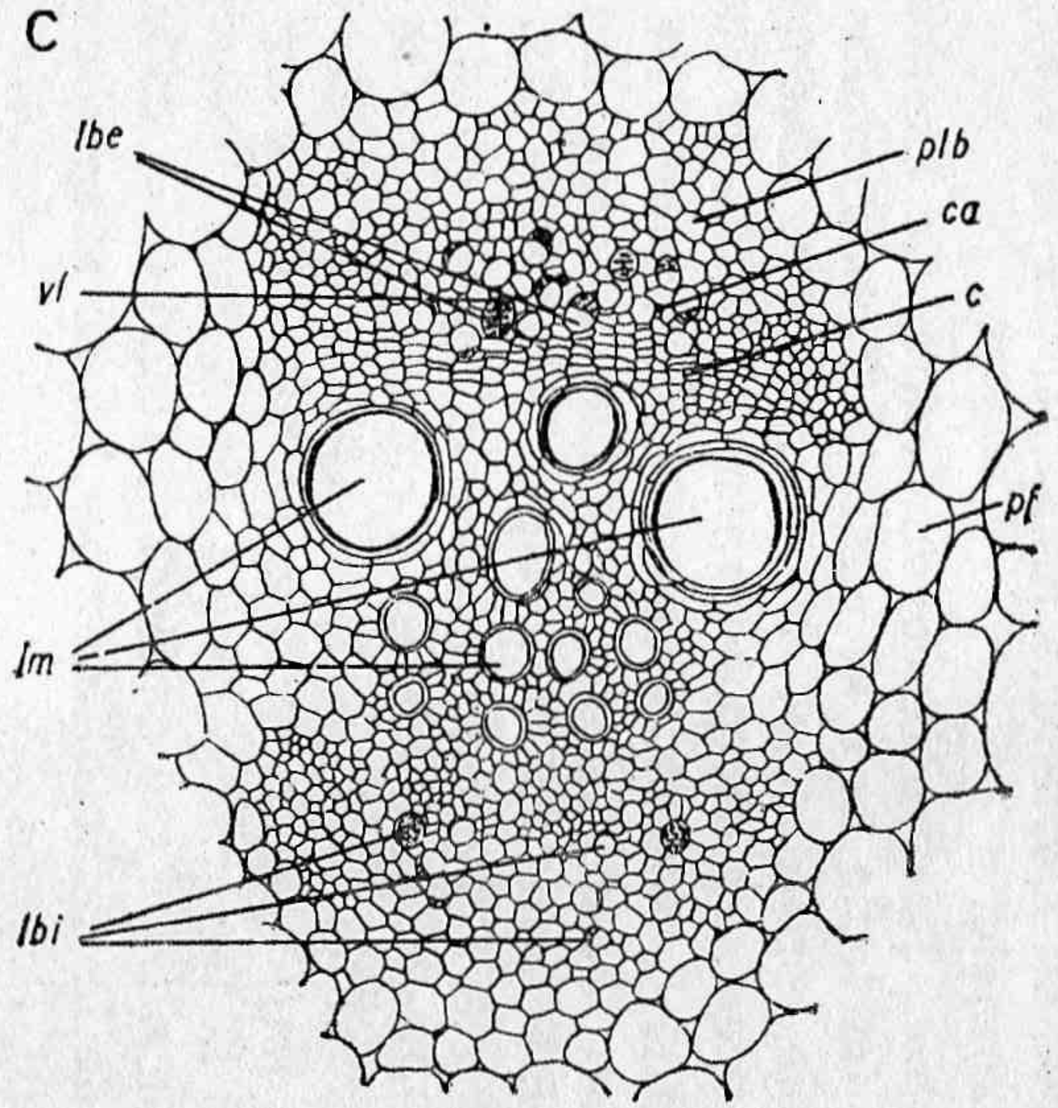


Fig. 65. Tipuri de fascicule conducătoare (secțiune transversală) :

fascicul colateral închis în tulpina de *Zea mays* (*A*) ; fascicul colateral deschis în tulpina de *Aristolochia durior* (*B*) ; fascicul bicolateral deschis în tulpina de *Cucurbita pepo* (*C*) ; *c* — cambiu; *ca* — celulă anexă; *lbe* — liber extern; *lbi* — liber intern; *lm* — lemn; *lpx* — lacună protoxilematică; *pf* — parenchim fundamental; *plb* — parenchim liberian; *px* — parenchim xilematic (lemnos) ; *tscl* — teacă fasciculară sclerenchimatică; *vl* — vas liberian; *vmx* — vas metaxilematic; *vpx* — vas protoxilematic (*A*: după S t r a s b u r g e r; *B*: după C o u p i n; *C*: după G u t t e n b e r g).

3.5.5. ȚESUTUL DE TRANSFUZIE

Este format din elemente celulare dispuse mai adesea în vecinătatea fasciculelor libero-lemnoase și se aseamănă cu traheidele după ornamentația lor. Ele sînt, în general, mai mult sau mai puțin izodiametrice, de formă globuloasă. Ca și traheidele, celulele țesutului de transfuzie au pereții îngroșați (în mod spiralat, reticulat sau punctat) și lignificați, constituind un țesut intermediar între elementele izodiametrice ale parenchimului celulozic și traheidele obișnuite, atît în ceea ce privește forma, cît și gradul de lignificare. Cel mai adesea, țesutul de transfuzie se găsește în vecinătatea xilemului centripet și a celui centrifug, fiind caracteristic în special gimnospermelor (cu deosebire la frunza de la conifere) (fig. 66).

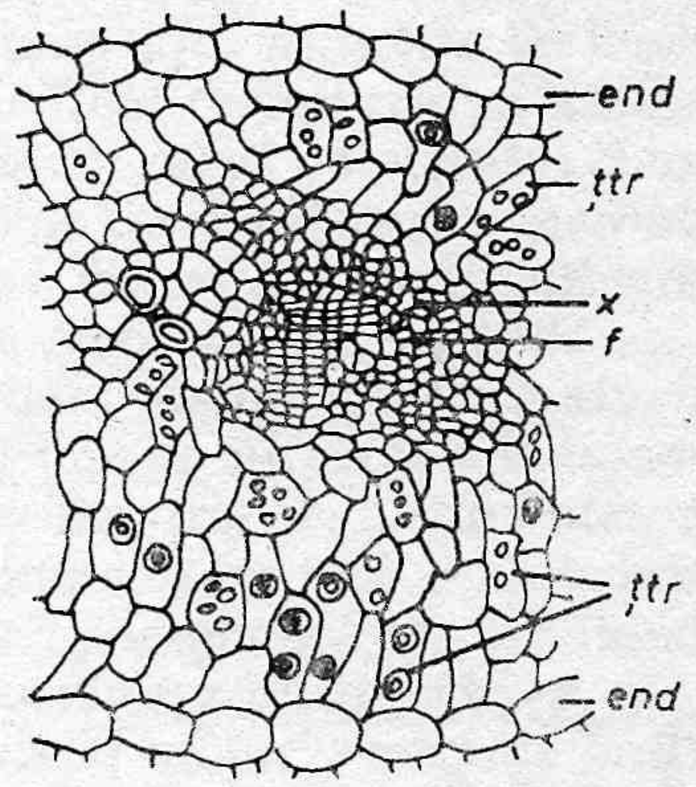


Fig. 66. Țesut de transfuzie în „cilindrul central" al frunzei de *Pinus silvestris*:

end — endodermă; *f* — floem (liber); *ttr* — țesut de transfuzie; *x* — xilem (lemn); (după B i e b l și G e r m).

Conținutul celulelor de transfuzie (numite de C h o d a t hidrocite) este bogat în apă, constituind deci un țesut de rezervă acvifer. Unii autori consideră că țesutul de transfuzie rezultă din metamorfozarea lemnului centripet; alți autori sînt de părere că el poate apare în puncte nedefinite, ca urmare a diferențierii pe loc a țesutului fundamental, fără a-l putea omologa cu un țesut conducător normal diferențiat.

Bine reprezentat la plantele fosile, țesutul de transfuzie constituie cilindrul lemnos primar de la *Megaloxylon*, *Lepidodendron*, *Calamopitys* ș.a., unde el rezultă din lignificarea fără alungire a celulelor medulare izodiametrice. Această transformare a xilemului centripet este o modificare adaptativă, care se găsește în diferite grupe de plante vasculare și în care rolul conducător al xilemului central, devenit de prisos, este înlocuit de către stocajul de apă.

Traheide asemănătoare, scurte, au fost frecvent semnalate în țesuturile neoformate sau în acelea care au făcut obiectul diferitelor traumatisme. Calusul de cicatrizare și galele conțin astfel de celule de transfuzie; în anumite cazuri ele prezintă o oarecare alungire și se rulează în jurul unui punct precis, formînd astfel un „ghem" de lemn traumatic. Ideea că țesutul de transfuzie reprezintă în anumite cazuri o formațiune reziduală, în raport cu lemnul centripet, este în acord cu faptul că planta are tendința de a elimina progresiv pe acesta din urmă, pentru a-l înlocui cu lemn centrifug, mai bine adaptat la îndeplinirea rolului de a conduce apa.

3.5.6. ȚESUTURI EXCRETOARE (în sens larg)

Sub numele de țesut excretor se înțelege ansamblul elementelor histologice în care se elaborează și se acumulează substanțe străine metabolismului general și care par să constituie produse de deșeu (cu această expresie denumim substanțele care sînt eliminate din ciclul metabolic și

nu au vreo utilitate pentru plantă ; ele se desemnează mai exact prin termenul de produse de „excreţie“). În realitate este o grupare foarte artificială, în care se găsesc elemente foarte diferite după originea și organizarea lor, după natura produselor secretate și soarta ulterioară a acestora, motiv pentru care se crede că este mai potrivit termenul de aparat secretor. Adesea, este greu de decis asupra rolului acestor substanţe secretate în metabolismul general al plantei și, în special, nu este întotdeauna sigur dacă ne aflăm în faţa unui produs de deșeu definitiv. S-ar putea deci considera în acest grup toate celulele care posedă un conţinut diferenţiat, cum ar fi celulele cu tanin, cu alcaloizi, cu heterozide și chiar celulele cu oxalat de calciu (pentru a nu mai vorbi de cele cu uleiuri eterice, rășini, gume, mucilagii, nectar, latex).

Pînă în prezent însă nu a fost demonstrat cu certitudine că cel puţin unele din substanţele menţionate mai sus sînt definitiv excluse din ciclul metabolic și că nu ar mai fi deci niciodată utilizate ; prezenţa unora dintre aceste substanţe are influenţă asupra diferitelor fenomene biochimice intracelulare (așa de exemplu, prezenţa taninurilor influenţează foarte probabil asupra fenomenelor de oxidoreducere).

Așadar, rolul numeroaselor produse auxiliare ale metabolismului nefiind cunoscut, nu se poate stabili o limită netă între noţiunile de „secreţie“ și „excreţie“ ; în sprijinul celor afirmate vine și faptul că produșii secretaţi și cei excretaţi se pot acumula în aceleași cavităţi.

Unii autori (I. C i o b a n u) consideră ţesuturi excretoare pe acelea care acumulează produsul sintetizat în sînul celulelor lor, iar alţii (H. C a m e f o r t, T. P a n i e l) pe acelea care elimină în cavităţi speciale produsul sintetizat. În cele ce urmează folosim noţiunea de ţesut excretor în sens larg, în care se încadrează *ţesuturi secretoare*, ale căror celule sînt specializate în elaborarea unor substanţe pe care le reţin în celule și deci pot fi denumite „secreţii“ și *ţesuturi glandulare*, la care produșii rezultaţi în urma proceselor metabolice din celulă o părăsesc pe aceasta, trecînd în mediul extern sau în spaţii intercelulare interne.

Elementele secretoare variază atît după gradul de specializare, cît și după poziţia pe care o ocupă în corpul plantei. Unele sînt situate la exterior, altele la interior, unele reprezintă perii secretori simpli, altele glande pluricelulare cu sistem conducător propriu, unele au aspect de canale intercelulare, altele de cavităţi mai mult sau mai puţin izodiametrice ; la acestea se adaugă și variatele forme de celule sau vase laticifere, care secretă latex.

Dacă „aparatul secretor“ constituie, după cum vom vedea, o grupare convenţională, al cărei rol fiziologic rămîne cel puţin în parte necunoscut, studiul său este foarte important din două motive : mai întîi în vederea identificării speciilor (diversele elemente secretoare au adesea o structură foarte diferenţiată ; cum fiecare tip nu se întîlnește decît într-un număr mic de familii, sau chiar specii, punerea lor în evidenţă prezintă o mare valoare diagnostică) ; în al doilea rînd. în vederea utilizării produselor de secreţie în farmacie sau industrie (în acest caz condiţiile de extracţie sînt evident determinate de natura și localizarea elementelor secretoare).

Unele substanţe de secreţie îndeplinesc roluri biologice importante. Astfel, substanţele cleioase pot micșora intensitatea transpiraţiei atunci cînd ele acoperă organele plantelor, ca de exemplu la *Alnus glutinosa*

(anin), sau împiedică urcarea insectelor dăunătoare la flori, ca de exemplu la *Viscaria vulgaris* (lipicioasă). La muguri, substanţele cleioase servesc pentru prinderea marginilor frunzişoarelor externe denumite şi catafile, protejînd vîrful vegetativ împotriva intemperiilor. Alte substanţe, ca de exemplu uleiurile eterice, alcaloizii, latexurile, apără plantele contra animalelor ierbivore, iar răşinile şi gumele astupă rănile produse din diferite motive. Uleiurile eterice au rolul de a atrage prin mirosul lor, insectele polenizatoare sau de a micşora transpiraţia plantelor, prin crearea unei atmosfere mai saturate.

De reţinut, că în literatura botanică, produşii finali ai metabolismului sînt definiţi în mod foarte diferit. Astfel, se utilizează noţiunile de „secreţii" şi „excreţii", care de multe ori se confundă dat fiind faptul că la plante excreţia, respectiv eliminarea produşilor inutilizabili, se face, ce-i drept, invizibil faţă de ceea ce se poate observa în lumea animală.

3.5.6.1. ŢESUTURI SECRETOARE
(excretoare în sens restrîns)

Acestea sînt formate din celule vii, cu pereţii celulozici foarte fini, ce au proprietatea de a produce anumite substanţe lichide sau solide, rezultate ale proceselor metabolice, care rămîn închise în interiorul celulei ce le-a produs.

Celule secretoare izolate (idioblaste). Se găsesc în cele mai variate ţesuturi, fie primare, fie secundare. În general, celulele secretoare sînt izodiametrice pînă la tubuliforme, mai mari decît celulele vecine şi cu pereţii, de regulă, mai groşi.

În mezofilul frunzei de *Laurus nobilis* (fig. 67, A) se constată din loc în loc celule mari, sferice, lipsite de clorofilă, care secretă un ulei aromatic ce dă un gust caracteristic frunzelor, pentru care motiv acestea sînt folosite

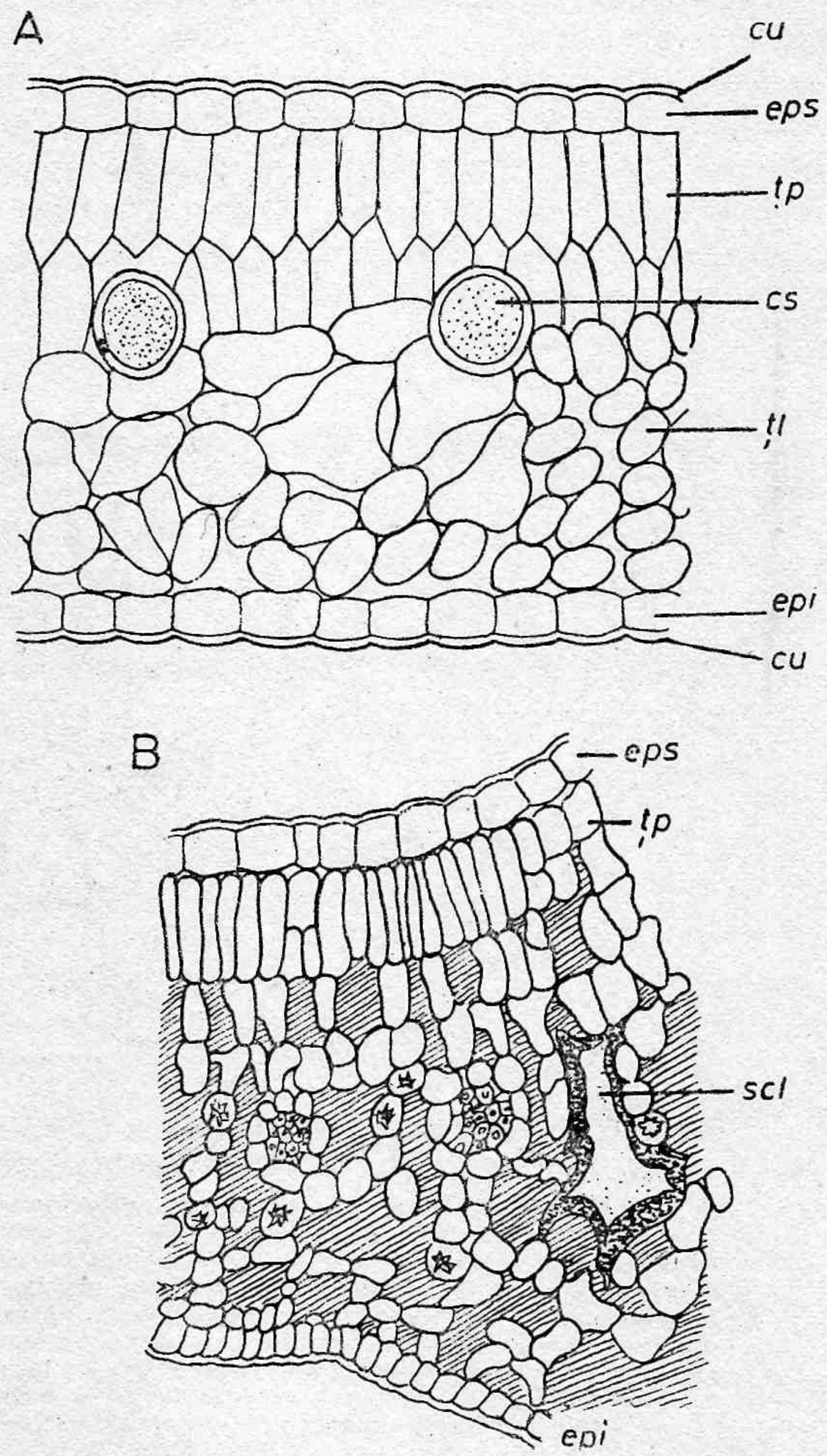


Fig. 67. Celule secretoare în frunză (secţiune transversală):

A — *Laurus nobilis*; *B* — *Thea sinensis*; *cs* — celulă secretoare; *cu* — cuticulă; *epi* — epidermă inferioară; *eps* — epidermă superioară; *scl* — sclereide; *tl* — ţesut lacunos; *tp* — ţesut palisadic (*A*: după I. Grinţescu; *B*: după Kaussmann).

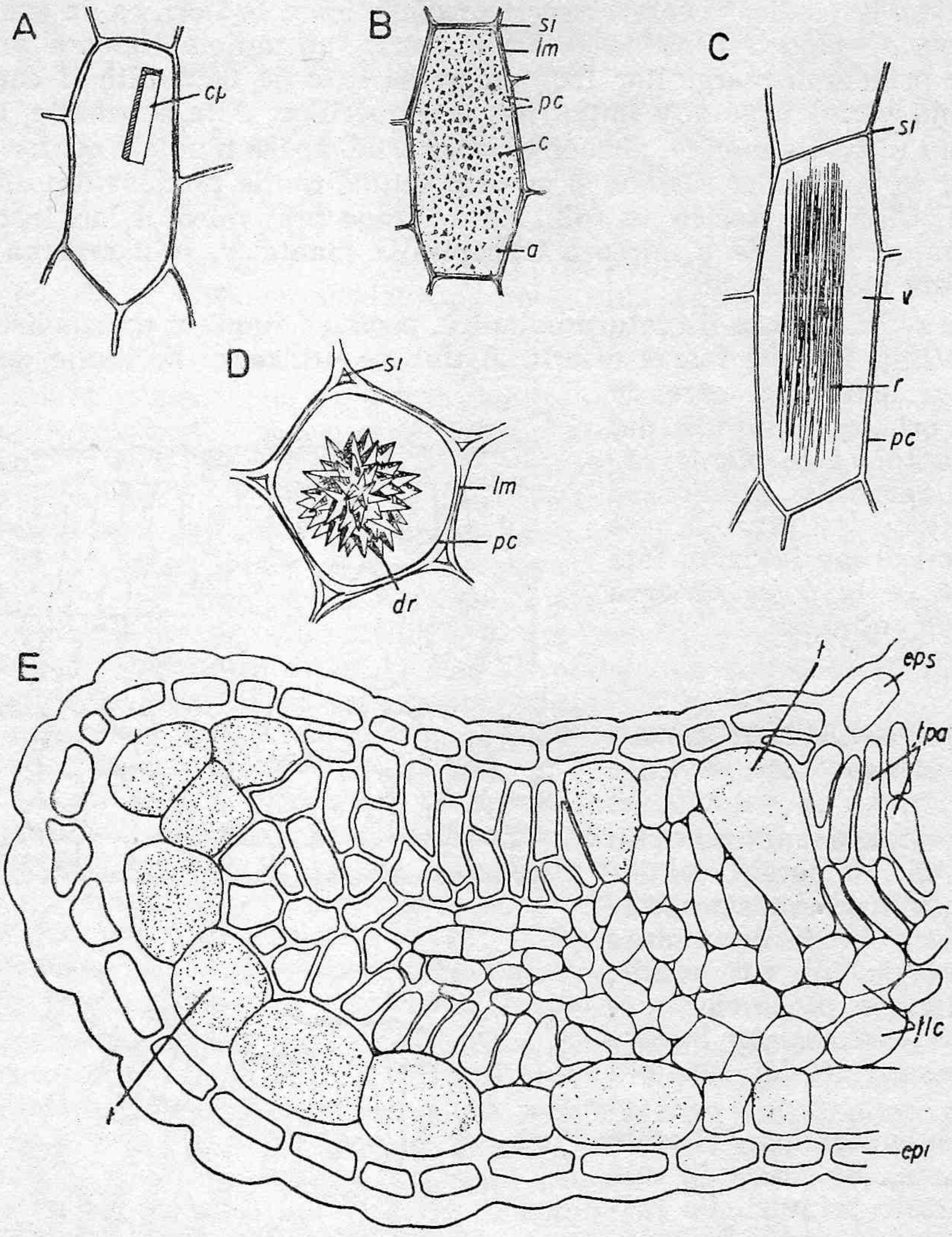


Fig. 68. Cristale de oxalat de calciu (*A*—*D*) și celule taninifere (*E*) în diferite organe vegetale :

A — celule din tunicile externe (membranoase) ale bulbului de *Allium cepa*; *B* — celulă periferică din tuberculul de *Solanum tuberosum*; *C* — celulă din mezofilul frunzei de *Impatiens* sp.; *D* — celulă parenchimatică din mezofilul frunzei de *Opuntia* sp.; *E* — celule taninifere din frunza de *Onobrychis viciifolia* (secțiune transversală); *c* — cristale fine de oxalat de calciu (nisip cristalin *D*); *cp* — cristale izolate, prismatice; *dr* — druză (maclă); *epi* — epidermă inferioară; *eps* — epidermă superioară; *lm* — lamelă mijlocie; *pc* — perete celular; *r* — rafidie; *si* — spațiu intercelular; *t* — celulă taniniferă; *țlc* — țesut lacunos; *țpa* — țesut palisadic; *v* — vacuolă (*A*—*D*: după Strasburger; E: după C. Toma).

drept condiment. În vacuola mare și centrală a celulelor secretoare, substanța uleioasă se prezintă sub forma unor picături mici, luminoase, iar celulele sînt numite *oleifere*. Același tip de celule se poate observa și în frunza de la *Asarum europaeum* (pochivnic).

Unele celule secretoare sînt *taninifere ;* ele elaborează tanin, un compus aromatic care de obicei este asociat cu heterozide sau cu alcaloizi. Se pare că taninurile influenţează fenomenele de oxido-reducere. Asemenea celule secretoare se întîlnesc în scoarţa de la *Quercus*, în măduva de la *Rosa* şi în lamina frunzei de la *Onobrychis viciifolia.*

Unele celule conţin mucilagii, ca de exemplu la *Verbascum*, la reprezentaţi din familiile *Malvaceae, Rhamnaceae, Tiliaceae.* Mucilagiile prezente în celule se pot forma fie prin gelificarea peretelui celular, fie ca produs al citoplasmei şi anume prin degenerescenţa acesteia. Celulele respective se numesc *mucilagigene.*

În peţiolul de la *Begonia, Prunus, Allium cepa* (ceapa) (fig. 68, A), sînt celule *oxalifere*, denumite astfel deoarece în acestea se formează numeroase cristale de oxalat de calciu. Acesta poate fi sub formă de cristale foarte mici şi numeroase, constituind aşa-numitul nisip cristalin, care se întîlneşte în celulele frunzelor de la unii reprezentanţi (fig. 68, B) ai familiei *Solanaceae*, ca de exemplu la *Atropa belladona* (mătrăgună). Oxalatul de calciu apare deseori în unele celule sub formă de ace lungi, denumite *rafide ;* în acest caz cristalele sînt dispuse într-o masă gelatinoasă (mucilaginoasă), fiind deci asociate cu mucilagiile. Rafidele sînt prezente

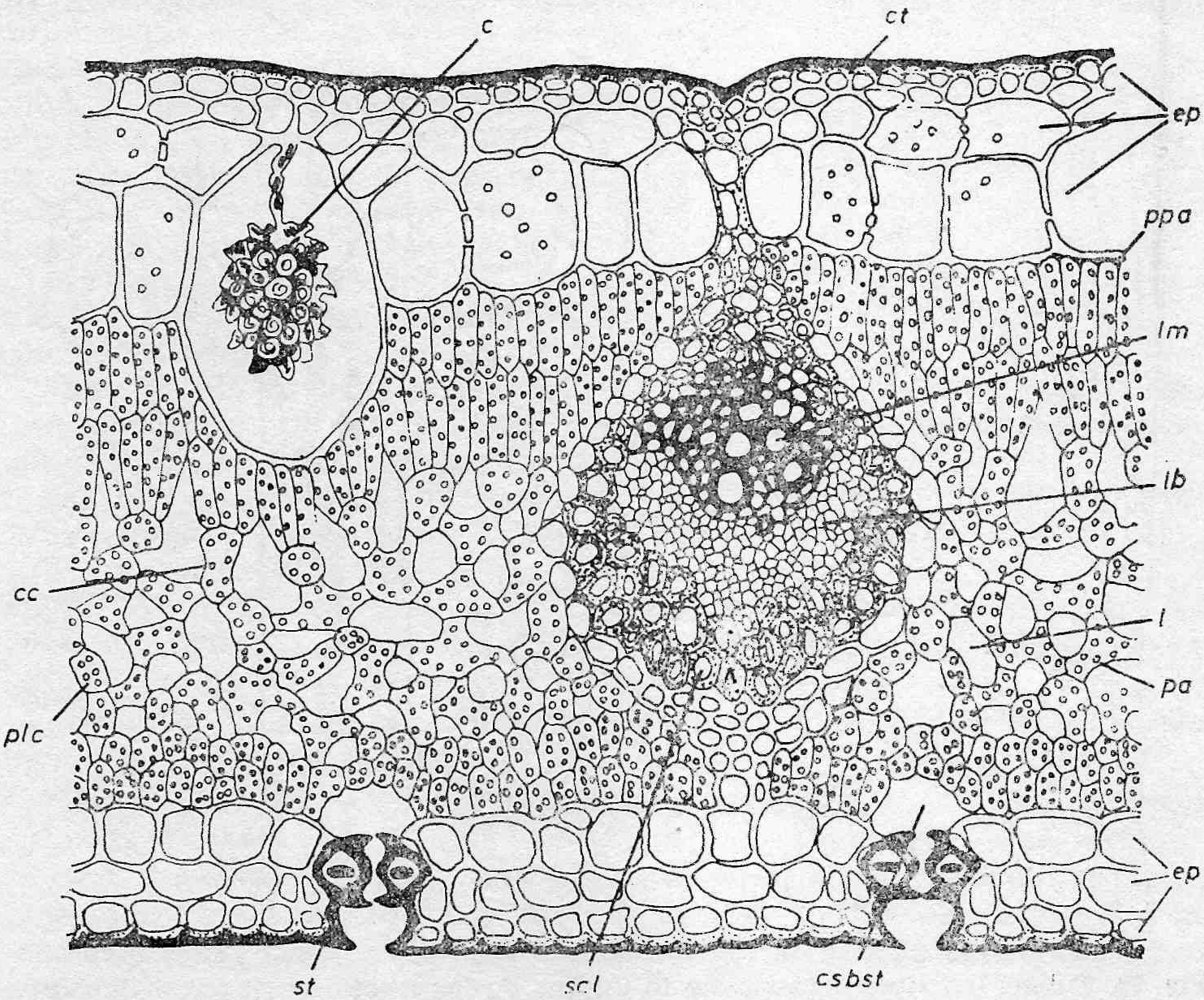


Fig. **69.** Alcătuirea cistolitului în frunza de *Ficus elastica* (secţiune transversală) :

c — cistolit; *cc* — celulă colectoare; *csbst* — cameră substomatică; *ct* — cuticulă; *ep* — epidermă; *lb* — liber; *lm* — lemn; *l* — lacună aeriferă; *pa* — parenchim; *plc* — parenchim lacunos; *ppa* — parenchim palisadic; *scl* — sclerenchim; *st* — stomată (după S á r k á n y şi S z a l a i).

în celulele laminei frunzelor de *Galanthus, Hyacinthus, Impatiens* (slăbănog) (fig. 68, C), precum și în peţiolul frunzelor de la *Ampelopsis hederacea* (viţă de Canada). Cristalele de oxalat de calciu pot să apară sub formă de grupe de cristale concrescute, denumite *druse, ursini* sau *macle,* cum se întîlnesc în tulpina de la *Opuntia* (fig. 68, D), *Tilia* ş.a.

Unii autori consideră celule secretoare și pe cele cu cistoliţi, care se află în lamina frunzelor de la *Ficus* (fig. 69). În semințele de la *Sinapis* (muștar) sînt celule secretoare care conţin fermenţi. De reţinut, că secreţiunile produse de celulele secretoare sînt puse în libertate doar în cazul ruperii accidentale a pereţilor acestora. Celulele secretoare sînt caracteristice familiilor : *Araceae, Aristolochiaceae, Cactaceae, Magnoliaceae, Malvaceae, Labiatae, Lauraceae, Piperaceae, Tiliaceae.*

Celule fuzionate. Celulele secretoare pot fi dispuse în șiruri de celule alăturate, în formă de tuburi lungi, cum sînt laticiferele nearticulate, care elaborează latexul. Aceste celule au pereţii subţiri, celulozici, netezi ; nu prezintă pereţi transversali, iar în interior se află un strat fin de citoplasmă, cu mai mulţi nuclei și uneori grăuncioare de amidon, care au o formă caracteristică și anume sînt halteriforme.

Laticiferele nearticulate. Acestea pot fi *ramificate,* ca la *Euphorbia* (laptele cîinelui) (fig. 70, C) dintre *Euphorbiaceae*, *Ceropegia* (fig. 70, A, B),

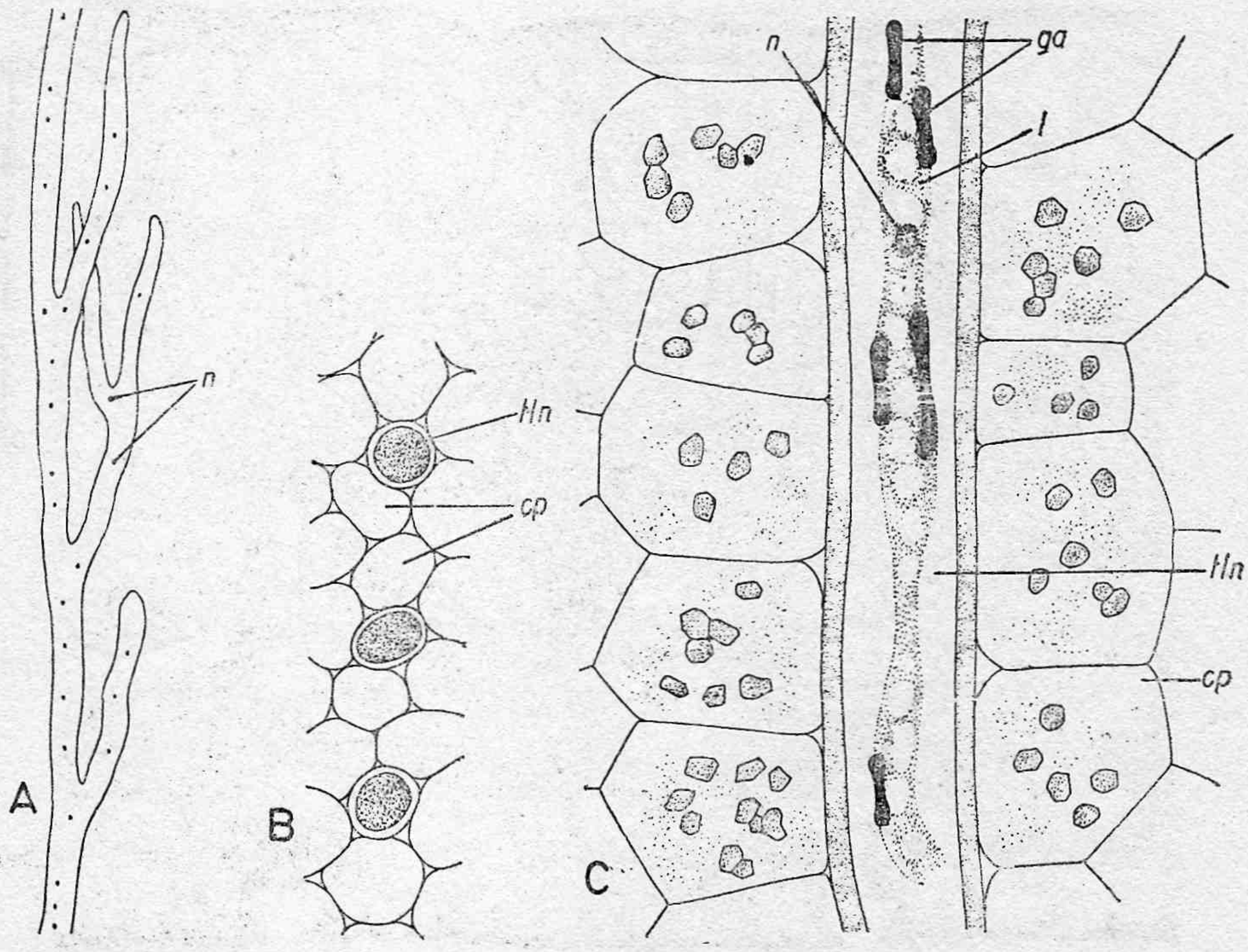


Fig. 70. Tuburi laticifere nearticulate în tulpina de *Ceropegia* sp. (*A, B*) și *Euphorbia splendens* (*C*) ; *A* — secțiune longitudinală ; *B* — secțiune transversală ; *C* — secțiune longitudinală :

cp — celule parenchimatice; *ga* — granule de amidon în formă de haltere; *l* — latex; *n* — nucleu; *tln* — tub laticifer nearticulat (*A, B* : după Strasburger; *C* : după Molisch).

Asclepias dintre *Asclepiadaceae*, *Nerium* dintre *Apocynaceae* și *neramificate*, ca la *Cannabis* dintre *Gannabinaceae*, *Urtica* dintre *Urticaceae*.

Cu privire la originea laticiferelor nearticulate, ele provin din celule meristematice ale embrionului și chiar la plantulă devin tubuliforme, polinucleate ; cresc odată cu planta, avînd o orientare aproape paralelă cu axul longitudinal al organelor sale. Aceste elemente se ramifică mult, ajungînd pînă la mai mulți metri lungime, astfel încît ele reprezintă cele mai mari celule din organele plantelor.

Laticiferele articulate. În categoria țesuturilor secretoare intră fuziunile celulare, alcătuite din mai multe celule secretoare la care se resorb pereții despărțitori, constituind tuburile laticifere articulate. Acestea au un conținut asemănător celor nearticulate, de care se deosebesc prin dizolvarea ulterioară a pereților transversali ; aceștia sînt greu de recunoscut în cele din urmă (deseori prezintă o articulare laterală).

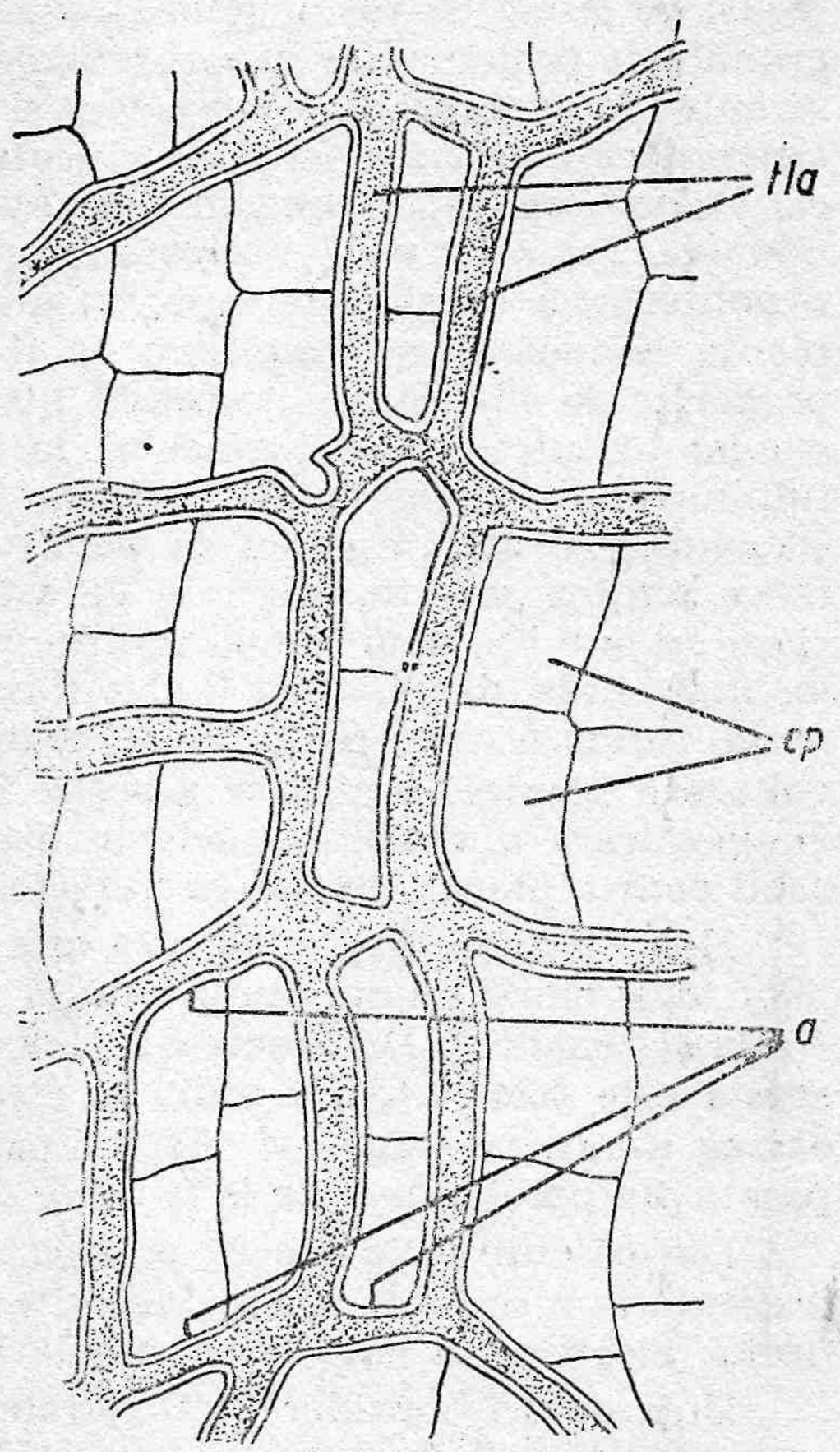


Fig. 71. Tuburi laticifere articulate în rădăcina de *Taraxacum officinale* (secțiune longitudinal-tangențială) :

a — anastomoze; *cp* — celule parenchimatice; *tla* — tuburi laticifere articulate (după Strasburger).

Laticiferele articulate pot fi *neanastomozate* și *anastomozate*. Laticiferele neanastomozate se întîlnesc la *Musa* (bananier), *Convolvulus* (volbură), *Ipomoea*, *Chelidonium* (rostopască) ; la ultimul gen latexul are o culoare portocalie. Laticiferele *anastomozate* se găsesc de obicei la *Papaver*, *Taraxacum* (fig. 71), *Lactuca* (lăptuci), *Tragopogon* (barba caprei), *Hevea* (arborele de cauciuc) etc.

Originea laticiferelor articulate este în celulele parenchimatice ale organelor în care ele se formează.

Specific pentru aceste elemente este prezența *latexului*, o emulsie lăptoasă, apoasă, ce conține 50—80 % apă ; este de culoare albă, mai rar colorată, corespunzînd sucului celular. Culoarea albă a latexului se datorește faptului că acesta este o emulsie în care particulele solide sînt în suspensie. Cînd laticiferele sînt rănite latexul se scurge spre exterior și în contact cu aerul se întărește.

În latexul oricărui tip de laticifere se află în soluție : zaharuri, tanin-nuri, glicozide, uneori alcalozi toxici (ca de exemplu opiu, la *Papaver)*. De asemenea, se mai găsesc : malat de calciu, uleiuri eterice, ceară, ames-

tecuri de gumă cu rășini (gume-rezine). La unele plante, în latex se află granule de proteine, iar uneori cristale de albumină și chiar enzime peptonizante (de exemplu la *Ficus carica* și *Carica papaya*-arbore de pîine). Gutaperca, care este izomerul cauciucului natural, se află în arborele tropical *Palaquium gutta,* precum și la *Euonymus verrucosa* sau la *Eucommia ulmoidea* (un arbore aclimatizat în regiunile tropicale). Cauciucul, care este o politerpenă ca și gutaperca, se află, de asemenea, în latexul de la plante lemnoase tropicale cum ar fi *Hevea brasiliensis,* la care este în proporție de 40—50%. La această plantă laticiferele se află în liberul secundar al tulpinii. De asemenea, la *Ficus,* precum și în celulele vii ale tulpinii și frunzelor de la *Asclepias cornuti,* se află cauciuc nesecretor. Cauciucul se află în latex ca particule extrem de numeroase (1 cm^3 de latex conține sute de miliarde de astfel de particule), de mărime ce variază de la 0,1 μ, pînă la mai mulți μ ; pot avea forme sferice, ca în marea lor majoritate, dar mai pot fi claviforme sau în formă de bastonașe. În general, forma acestor particule se poate schimba în cursul ciclului de dezvoltare a plantei la care se găsește, fiind în același timp un caracter de diagnosticare a vîrstei. Cauciucul este considerat atît ca produs inutilizabil pentru plantă, deci ca excreție, cît și ca materie de rezervă.

Rolul laticiferelor se pare că este legat de protecția împotriva animalelor, deși omizile unor fluturi caută sucurile lăptoase de la *Euphorbia* și *Nerium* (leandru). De asemenea, datorită produșilor ce există în latex, acesta este folosit foarte mult în medicină, farmacie, deoarece din el se extrag numeroase droguri. Astfel, papaverina, morfina, codeina, sînt separate din opiul extras de la fructele de Papaver.

Din fructul de la *Carica papaya* se separă papaverina, iar gutaperca, prezentă la o serie de plante amintite mai înainte, este folosită la izolarea firelor electrice, a cablurilor submarine sau a instrumentelor medicale.

Unii autori consideră laticiferele ca alcătuind un țesut conducător, asemenea tuburilor ciuruite, datorită produselor de asimilație pe care le conține latexul, precum și datorită faptului că unele laticifere articulate prezintă pereți transversali cu plăci ciuruite, ca la *Chelidonium* (rostopasca), la care într-adevăr numărul tuburilor ciuruite este redus. Deoarece laticiferele conțin produse finite ale metabolismului, considerăm mai corect ca acestea să fie încadrate în categoria țesuturilor secretoare.

Lacitiferogeneza. Acest proces a fost studiat la diferite plante, rezultatele fiind mai concludente în cazul a două specii de *Papaveraceae : Chelidonium majus* (fig. 72) și *Papaver somniferum.*

La *Chelidonium majus* tubul laticifer ia naștere într-un punct nodal izolat, la nivelul căruia elementele secretoare inițiale sînt mai scurte, pereții lor fiind mai refringenți și conținutul mai granulos, mai viu colorat (sub acțiunea colorantului roșu Sudan III). Plecînd de la acest punct inițial, situat în plantulă la baza hipocotilului, diferențierea este bidirecțională ; ea se continuă mai întîi în direcție bazipetă, în rădăcină (regiunea subinițială), în mod discontinuu. Această diferențiere afectează zonele de inserție a radicelelor (adică regiunile „nodale") ; în zonele „internodale", racordul se va realiza prin diferențiere nodifugă. Ontogeneza aparatului secretor de latex se continuă în direcție bazifugă (regiunea suprainițială), tot în mod discontinuu (în hipocotil, la punctul de inserție a cotiledoanelor

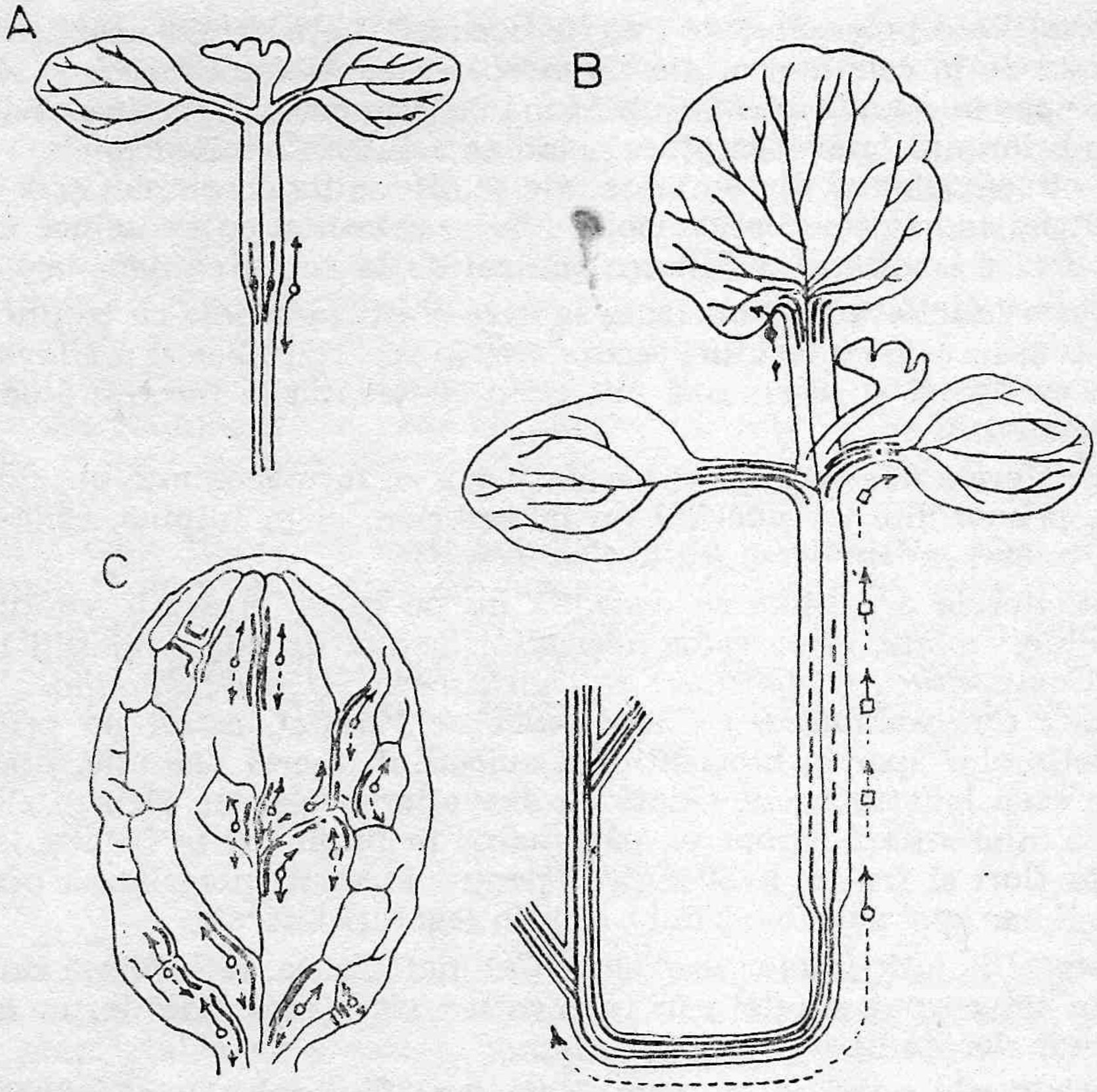


Fig. 72. Laticiferogeneza în plantulele de *Chelidonium majus* :

A — plantulă foarte tînără (laticiferele iau naştere la nivelul coletului) ; *B* — stadiu mai avansat (laticiferogeneza este vizibilă la nivelul hipocotilului, la baza cotiledoanelor şi a limbului foliar) ; *C* — detaliu arătînd formarea laticiferelor într-un cotiledon (după B a c h).

etc.), racordul făcîndu-se întotdeauna prin diferenţiere bidirecţională. Ca urmare, alte sisteme de laticifere independente se vor forma ; primele iau naştere în regiunea de la baza limbului primei frunze epicotilare. Plecînd de la un punct nodal iniţial, diferenţierea este bidirecţională şi discontinuă ; în direcţie bazipetă se formează un punct nodal „releu", la baza peţiolurilor. Acelaşi proces de organizare se observă şi la nivelul frunzelor epicotilare următoare. Alte sisteme de laticifere iau naştere în sînul unui lob foliar ; ele se formează în funcţie de punctele iniţiale (situate la nivelul ramificaţiilor nervurilor) şi avansează totdeauna prin acelaşi proces de diferenţiere bidirecţională.

Procesul de laticiferogeneză este, în principiu, identic cu cel de traheogeneză ; diferenţa constă doar în prezenţa zonelor de laticiferogeneză, izolate în hipocotil sau peţioluri (fenomen realizat doar în mod cu totul excepţional în ontogeneza vasculară). Acest comportament ar fi, dealtfel, o consecinţă a întîrzierii produse de ontogeneza tuburilor laticifere asupra ontogenezei vasculare.

Variații ale procesului de laticiferogeneză. Laticiferele nearticulate și ramificate de la cele mai multe *Euphorbiaceae, Asclepiadaceae* și *Apocynaceae*, apar în număr mic — sub formă de primordii — în timpul dezvoltării embrionului (mai ales atunci cînd se schițează cotiledoanele) ; odată cu dezvoltarea plantei din embrion, ele se diferențiază complet și se ramifică, pătrunzînd în toate organele ei (dar mai întîi și cu deosebire în partea periferică a viitorului cilindru central de la nodul cotiledonar).

Aceste laticifere plurinucleate se găsesc atît în zonele cu țesuturi primare, cît și în cele cu țesuturi secundare, în scoarță, liber și măduvă, continuînd să fie vii și să crească atît timp cît țesuturile înconjurătoare rămîn și ele vii.

Laticiferele nearticulate și neramificate se formează într-un mod mai simplu, primordiile lor apărînd nu în embrion, ci în tulpină, rădăcină și frunze, uneori independent (ca la *Cannabis*).

Laticiferele articulate se dezvoltă nu pe calea creșterii continue a unor celule izolate, ci pe calea adaosului treptat de noi primordii la cele vechi (*Compositae ; Cichorium ; Euphorbiaceae ; Hevea ; Manihot ; Papaveraceae ; Campanulaceae ; Convolvulaceae*). Inițial, astfel de primordii ale laticiferelor apar în hipocotilul și epicotilul tinerei plantule, fiind dispuse în serii longitudinale. Odată cu dezvoltarea plantei, elementele laticifere se diferențiază acropetal, pătrunzînd în tulpină și în frunze, iar mai tîrziu în flori și fructe, păstrîndu-și pentru început integritatea pereților terminali, iar apoi anastomozîndu-se prin legături laterale.

Dispoziția laticiferelor în plantă. Cel mai adesea, laticiferele sînt prezente în tot corpul plantei ; în rare cazuri ele sînt legate de un anumit țesut (mai ales de liber).

Laticiferele nearticulate ramificate (ex. *Euphorbia)* sînt dispuse în partea externă a cilindrului central ; de aici ramificațiile se răspîndesc în zonele interfasciculare, în scoarță și chiar în măduvă. În puține cazuri (ex. *Ficus*) ramificațiile laticiferelor principale pătrund și între celulele epidermice, ajung la cuticulă și se întind chiar la suprafață, pe sub ea. La unele specii de *Apocynaceae, Asclepiadaceae* și *Moraceae*, laticiferele sînt dispuse destul de uniform în diferitele țesuturi ; la alte specii, laticiferele principale se găsesc numai în măduvă și doar la noduri produc ramificații ce pătrund în frunze.

Laticiferele nearticulate neramificate (ex. *Vinca, Cannabis*) se întîlnesc în liberul primar, lipsind complet în țesuturile secundare.

Laticiferele articulate se găsesc localizate în diferite țesuturi ale plantei, dar mai ales în cel liberian și la periferia acestuia (ex. *Cichorium*). La speciile care au și liber intern, laticiferele sînt prezente aici. Laticiferele din cele două zone de liber (extern și intern) sînt legate prin ramuri interfasciculare. În frunzele de *Cichorium* laticiferele însoțesc fasciculele conducătoare, se ramifică mai mult sau mai puțin în mezofil și ajung la epidermă. La *Hevea brasiliensis* (producătorul principal de cauciuc natural), aparatul laticifer se dezvoltă în liberul secundar al tulpinii, iar la *Papaver somniferum* ajung în scurtă vreme (la două săptămîni de la căderea petalelor) la fruct ; în acest timp capsulele sînt recoltate pentru extragerea de opium. La *Musaceae* (ex. *Musa*) laticiferele sînt prezente atît în țesuturile conducătoare, cît și în scoarță. La unele specii de *Allium* laticiferele

(în mare parte neanastomozate) nu sînt prezente în ţesutul conducător, ci aproape de suprafaţa subaxială a frunzelor sau a solzilor protectori.

Citologia laticiferelor. Laticiferele sînt limitate de un perete considerat de cei mai mulţi autori ca fiind numai de natură primară, celulozică, subţire (grosimea creşte, adesea, cu vîrsta celulei). În interior se află o vacuolă centrală voluminoasă, plină cu latex. Laticiferele nearticulate au o structură sinciţială, prezentînd numeroşi nuclei în pelicula citoplasmatică parietală ; datorită grosimii sale foarte reduse, pelicula citoplasmatică a lacitiferelor este adesea greu de evidenţiat ; doar în urma plasmolizării laticiferelor citoplasma poate fi observată ; conţinutul tubului laticifer retractîndu-se, se vede că latexul nu este în contact imediat cu peretele, ci este separat de acesta printr-o pătură foarte subţire de citoplasmă.

Laticiferele tinere, ca toate celulele puţin diferenţiate, sînt pline cu citoplasmă şi un număr mare de vacuole mici, lipsite de latex. În timpul creşterii laticiferelor, aceste vacuole cresc şi se contopesc într-una singură, mare, în care elementele figurate ale latexului (picături mici de compuşi terpenici, amidon), elaborate de citoplasmă, sînt de natură diferită.

3.5.6.2. ŢESUTURI GLANDULARE

Sînt formate din celule vii, cu citoplasmă, nucleu, numeroşi dictiozomi şi au pereţi subţiri, celulozici. Celulele ce formează un ţesut glandular au proprietatea de a secreta anumite substanţe ce trec prin peretele fin şi celulozic, fiind eliminate în mod activ la exteriorul organelor, înzestrate cu astfel de ţesuturi sau în interiorul organului, într-un spaţiu intercelular.

Ţesuturi glandulare externe (epidermice). *Perii glandulari.* Ca şi perii tectori, aceştia sînt tot un fel de emergenţe ale epidermei, dar a căror celule terminale secretă uleiuri volatile, răşini, gume etc. ; la formarea perilor glandulari participă uneori şi celule hipodermice.

Dezvoltarea perilor glandulari, de formă, structură şi dimensiuni variate, este rezultatul creşterii neuniforme şi al diviziunilor ulterioare ale celulelor epidermice şi ale derivatelor lor. Nu se poate face o distincţie netă între peri (numai de natură epidermică) şi emergenţe propriu-zise (la alcătuirea cărora participă şi celule hipodermice). Cel mai adesea, perii glandulari se găsesc pe frunză şi pe tulpină ; rareori ei sînt prezenţi pe bracteele inflorescenţei (ex. *Humulus lupulus*) sau pe solzii protectori ai mugurilor (ex. *Aesculus hippocastanum*).

Un păr glandular este alcătuit dintr-o porţiune care se află între celulele epidermice (sau şi hipodermice) numită *ţîţînă* (baza părului), o porţiune care proeminează deasupra epidermei, numită *picior* (pedicel, pedunculi) şi o porţiunea terminală mai umflată, care constituie *partea glandulară* a părului (capul, glanda) ; după prezenţa părţii glandulare perii glandulari diferă de cei tectori. Dacă porţiunea bazală sau ţîţîna părului este, cel mai adesea, unicelulară, piciorul poate fi unicelular sau pluricelular (uniseriat sau pluriseriat) ; uneori el poate lipsi şi atunci perii

se numesc sesili. Partea secretoare poate fi și ea unicelulară sau pluricelulară.

La speciile de *Primula* (fig. 73, *a*, *b*), *Pelargonium* (fig. 73, *c*) etc. perii glandulari, numai de origine epidermică, sînt pluricelulari, uniseriați (neramificați); țîțîna este unicelulară și piciorul pluricelular, acesta

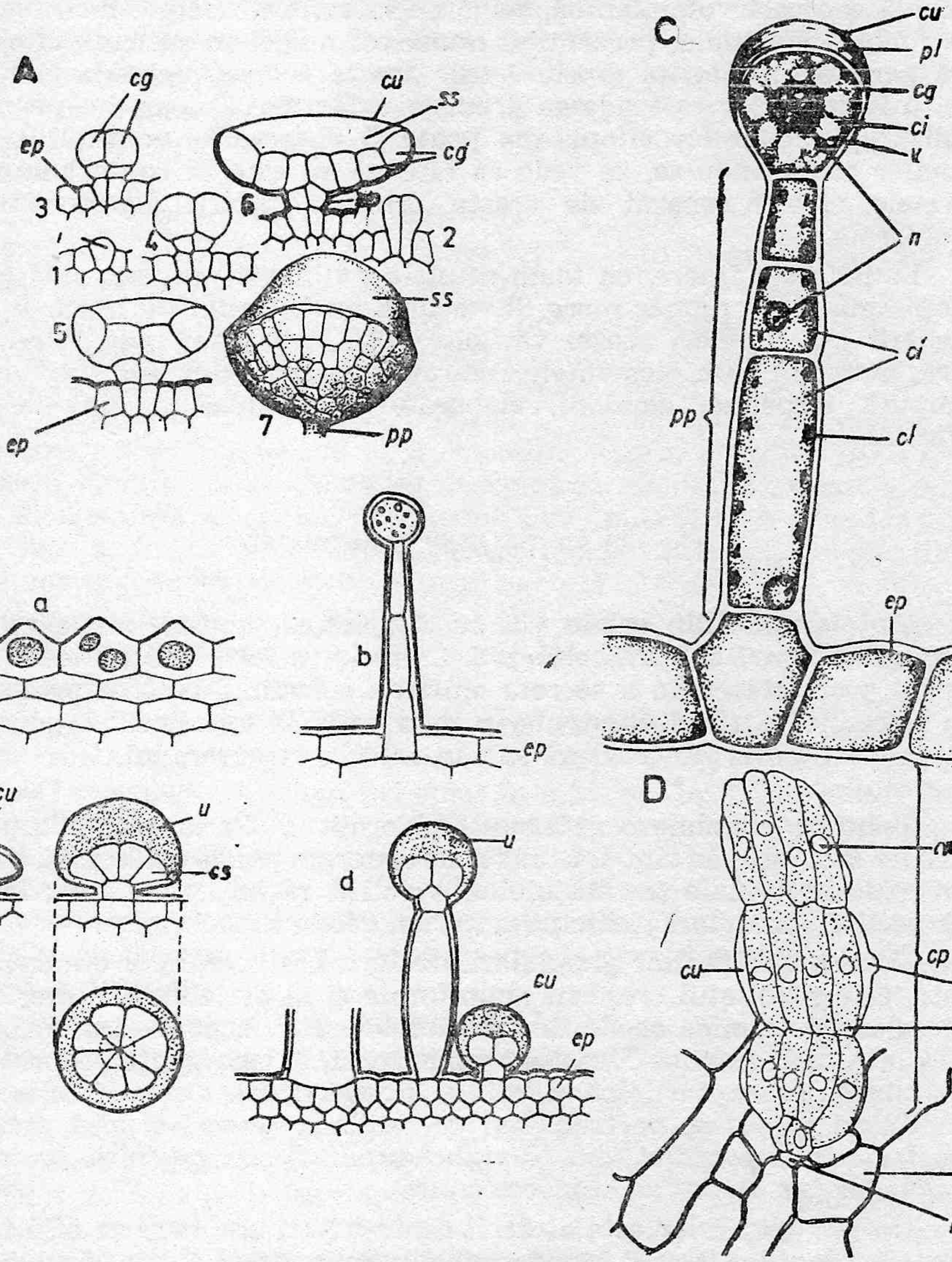


Fig. 73. Tipuri de peri glandulari :

A — *Humulus lupulus* (se văd stadiile de dezvoltare : *1—7*); *B* — *Mentha piperita* (*a*), *Primula officinalis* (*b*), *Lavandula officinalis* (*c*) și *Balota foetida* (*d*); *C* — *Pelargonium zonale*; *D* — *Rumex patientia*. *A* — peri de pe inflorescență; B_{a-c} — peri de pe frunze; B_d — păr de pe tulpină; *C* — păr de pe frunză; *D* — păr de pe ochree; *cg* — celule glandulare; *ci* — citoplasmă; *cl* — cloroplaste; *cp* — corpul părului; *cs* — celule secretoare; *cu* — cuticulă; *ep* — epidermă; *i* — inițiala celulelor glandulare; *n* — nucleu; *pc* — perete celular; *pp* — piciorul părului; *ss* — substanță secretată; *u* — ulei (*A* : după Tschirch; *B* : după Camefort; *C* : după Guttenberg; *D* : după Strasburger).

din urmă purtînd în vîrf o celulă glandulară mai mult sau mai puțin sferică sau piriformă. Uleiul eteric, secretat în citoplasmă, se adună mai întîi între peretele extern, celulozic al celulei glandulare și cuticula acesteia, pe care o bombează ; ulterior el difuzează în aer, răspîndind mirosuri specifice.

La *Hyoscyamus niger* (măselariță), perii glandulari diferă de cei analizați mai sus numai prin partea glandulară pluricelulară. Substanța secretată, vîscoasă se scurge în lungul piciorului pluricelular uniseriat.

La speciile de *Mentha* (fig. 73, *B.a*) și de la alte genuri de *Labiatae*, perii au țîțîna unicelulară, piciorul unicelular scurt și partea secretoare pluricelulară (cu 8 celule dispuse într-un singur plan) ; toate celulele glandulare au o cuticulă comună, pe care uleiul eteric secretat o face să se bombeze și apoi să se rupă la cel mai mic șoc. La frunze perii se află în adîncituri ale epidermei, în timp ce la tulpina ei proeminează deasupra țesutului protector ; rareori piciorul părului este lung și chiar bicelular.

La *Humulus lupulus* (hamei) (fig. 73, A) perii glandulari ai bracteelor de la inflorescența femelă sînt pluricelulari, solzoși, formați dintr-o țîțînă pluricelulară, un picior unicelular scurt și o parte glandulară terminală în formă de cupă (formată dintr-un singur strat de celule) ; substanța secretată (lupulina) este aromatică și amară, servind la aromatizarea și conservarea berii. Peri glandulari pluricelulari se întîlnesc și pe ochrea de la unele *Polygonaceae* (fig. 73, D).

La *Aesculus hippocastanum*, perii glandulari ai catafilelor (solzii protectori ai mugurilor) sînt de asemenea pluricelulari ; substanța secretată, uleioasă, protejează mugurul de umezeală și frig. Diferitele categorii de peri pluricelulari analizați se deosebesc mai ales prin partea lor glandulară, care rezultă în urma diviziunilor ce au loc o dată de două sau de trei ori ; în felul acesta se formează peri cu capul bicelular, tetracelular sau octocelular (*Labiatae, Scrophulariaceae* etc.). Perii de la *Compositae* au capul format din două rînduri de celule.

Așadar, prin alcătuirea lor, perii glandulari sînt caracteristici pentru anumite familii de plante : masivi, cu un cap avînd două rînduri de celule (*Compositae*) ; mai mult sau mai puțin scurți, cu cap octocelular, avînd celulele dispuse în același plan *(Labiatae)* ; scurți sau lungi, cu capul unisau pluricelular (*Solanaceae*) ; în formă de solzi (*Humulus lupulus, Olea europaea* — măslin) etc.

Perii urticanți, unicelulari, de la *Urtica dioica* reprezintă o variantă a perilor glandulari. La formarea lor participă și celule hipodermice, iar produsul secretat (formiat de sodiu, histamină, acetilcolină) este solubil în apă și se acumulează în sucul vacuolar al părului. Baza părului este dilatată, afundată într-un soclu pluricelular în formă de cupă, iar porțiunea terminală este umflată, măciucată, asimetrică. Peretele părului este impregnat cu $CaCO_3$, în afara părții superioare a părului, unde el este impregnat cu SiO_2. Lichidul urticant al părului este eliberat la ruperea porțiunii terminale și pătrunde în pielea animalelor sau omului care au atins planta, producînd usturime. Prin aceasta părul urticant de la multe *Urticaceae* este în același timp secretor și protector (motiv pentru care ne-am ocupat de el și cînd am analizat structura perilor tectori unicelulari).

Papilele glandulare. Sînt celule epidermice prelungite spre exterior, care secretă uleiuri eterice volatile, ce difuzează prin perete și se răspîndesc în aer ; lor li se datorește, cel mai adesea, parfumul florilor. Astfel de papile sînt prezente la speciile de *Rosa, Syringa, Lilium, Viola, Jasminum, Convallaria, Hyacinthus* etc.

Celule glandulare epidermice se pot găsi și la tulpină, frunze ori solzii mugurilor. Tulpinile și frunzele de *Lavandula* (fig. 73, B, c), *Pelargonium* etc. au celule care secretă uleiuri volatile ; tulpinile numeroaselor *Caryophyllaceae* (*Lychnis viscaria, Silene nutans, S. conica,* specii de *Cerastium* — struna cocoșului etc.) își datorează aspectul cleios (vîscos) unor uleiuri de aceeași origine. Solzii mugurilor de *Populus, Aesculus* etc. prezintă, de asemenea, uleiuri și rășini.

În general, aceste celule glandulare diferă de alte celule epidermice prin dimensiuni mai mici și pereți mai subțiri, prin lipsa cuticulei. În cazul petalelor, papilele glandulare formează un țesut, toate celulele epidermice fiind transformate în astfel de formațiuni.

Hidatodele. Acestea sînt tot formațiuni de origine epidermică, care au proprietatea de a acumula și elimina (excreta) apa lichidă sub formă de picături, care conțin mai cu seamă săruri minerale și, mai puțin, substanțe organice ; acest fenomen se numește gutație. Hidatodele se găsesc cel mai adesea la frunze, avînd rolul de a acumula apa în exces din interiorul plantei și a o elimina afară sub formă de picături, atunci cînd condițiile externe nu permit efectuarea transpirației (eliminarea apei sub formă de vapori). Hidatodele sînt de două categorii : active (închise) și pasive (deschise).

Hidatodele active sînt reprezentate prin una sau mai multe celule de origine epidermică, adesea transformate în peri (ce nu au legătură cu nervurile frunzelor), care acumulează apa în exces și o elimină afară ; ele funcționează activ, eliminarea apei făcîndu-se datorită activității celulelor care alcătuiesc hidatoda și în care se acumulează apa. La *Phaseolus multiflorus, Fragaria vesca* (fig. 74, C) etc. hidatodele constau din peri epidermici uni- sau pluricelulari, curbați, a căror celule au toți pereții foarte subțiri, de unde și numele de trichomhidatode dat acestor formațiuni.

Hidatodele pasive (stomate acvifere) sînt reprezentate prin două celule acvifere de forma celor stomatice (dar moarte), situate de regulă la vîrful dinților de pe marginea frunzelor, care lasă între ele o deschidere permanentă (deci celulele acvifere nu execută mișcări asemănătoare celor descrise la celulele stomatice). Sub stomata acviferă, formată de cele două celule moarte, se află o cameră acviferă (asemănătoare camerei substomatice), iar sub ea un țesut acvifer numit *epitem* (alcătuit din celule parenchimatice lipsite de cloroplaste, cu pereți subțiri, lăsînd între ele spații pline cu apă) ; acest epitem se află în contact direct cu ultimile vase lemnoase (traheide) ale nervurilor frunzelor. Hidatodele de *Primula* (fig. 74, A), *Tropaeolum* etc. au numai cîte o stomată acviferă, pe cînd cele de *Saxifraga, Crassula, Ficus* etc. au mai multe stomate acvifere, dar prezintă un epitem comun. Apa acumulată în epitem și în camera acviferă este presată afară în mod pasiv (fără contribuția activă a hidatodei sau hidatodelor), de către o nouă cantitate de apă adusă de vase și care părăsește frunza sub formă de picături.

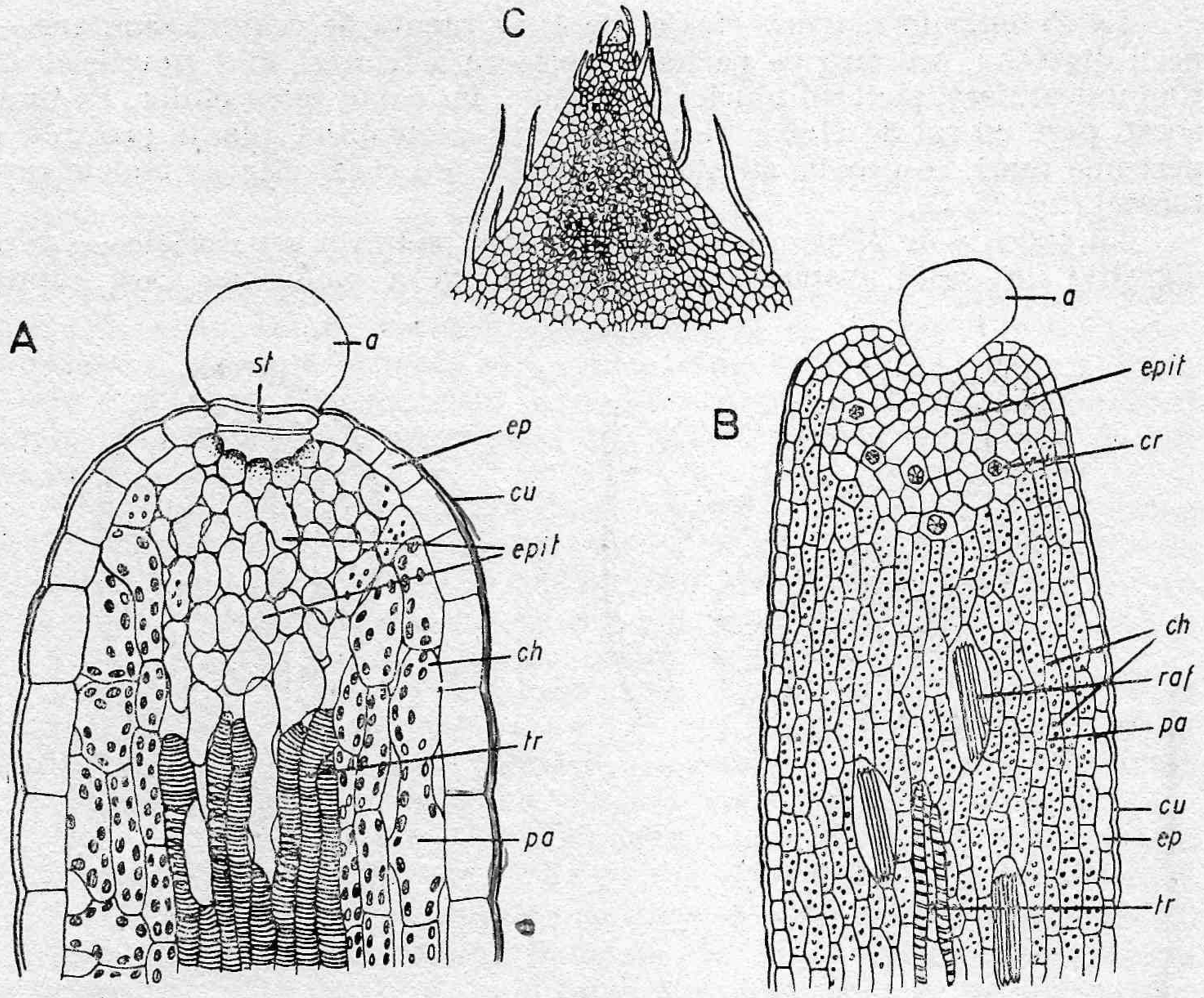


Fig. **74.** Hidatode la *Primula sinensis* (*A*), *Impatiens sultani* (*B*) și *Fragaria vesca* (*C*) : *a* — picătură de apă; *ch* — cloroplaste; *cr* — cristale de oaxalat de calciu; *cu* — cuticulă; *ep* — epidermă; *epit* — epitem; *pa* — parenchim; *raf* — rafide; *st* — stomate; *tr* — traheide (*A*, *B* : după Haberlandt; *C* : după Troll).

Glandele digestive. Ele se află numai la plantele carnivore sau insectivore și reprezintă peri glandulari pluricelulari (pedicelați sau sesili), digestivi, care secretă fermenți proteolitici (capabili să transforme substanțele proteice din corpul animalelor capturate în produși mai simpli, care pot fi absorbiți de către plantă).

La *Drosera rotundifolia* (roua cerului) — plantă de turbării montane — perii sînt emergențe cu o structură complicată, la alcătuirea lor participînd și celule hipodermice. Ei se află pe partea superioară a frunzelor și au forma unor tentacule (peri măciucați) lung-pedicelate, strălucitoare. Fiecare păr are un pedicel lung (format din celule alungite, dispuse în cîteva serii longitudinale mai mult sau mai puțin paralele), străbătut de vase lemnoase (traheide spiralate). La partea terminală a pedicelului se află o parte mai umflată, în care celulele sînt dispuse radiar ; cele din stratul extern sînt mai mari și alungite, iar cele din stratul intern sînt mai mici (fig. 75, B) ; celulele periferice sînt secretoare de produse mucilaginoase și lipicioase precum și de fermenți proteolitici ; produsele secretate ajută atît la reținerea insectelor, cît și la digerarea părților moi ale acestora.

La *Pinguicula vulgaris* (foaie grasă) — plantă de regiuni montane — perii digestivi, prezenți pe partea superioară a frunzei, sînt simpli, cu țîțîna unicelulară, piciorul pluricelular scurt, iar capul tetracelular. Pe lîngă acești peri, cu rol de elaborare de fermenți proteolitici, planta prezintă și peri mai mari, ce produc substanțe vîscoase (cu care reținanimalele capturate) (fig. 75, C).

La speciile de *Nepenthes* — epifite din pădurile ecuatoriale — perii digestivi sînt sesili, dispuși sub o proeminență a epidermei care căptu-

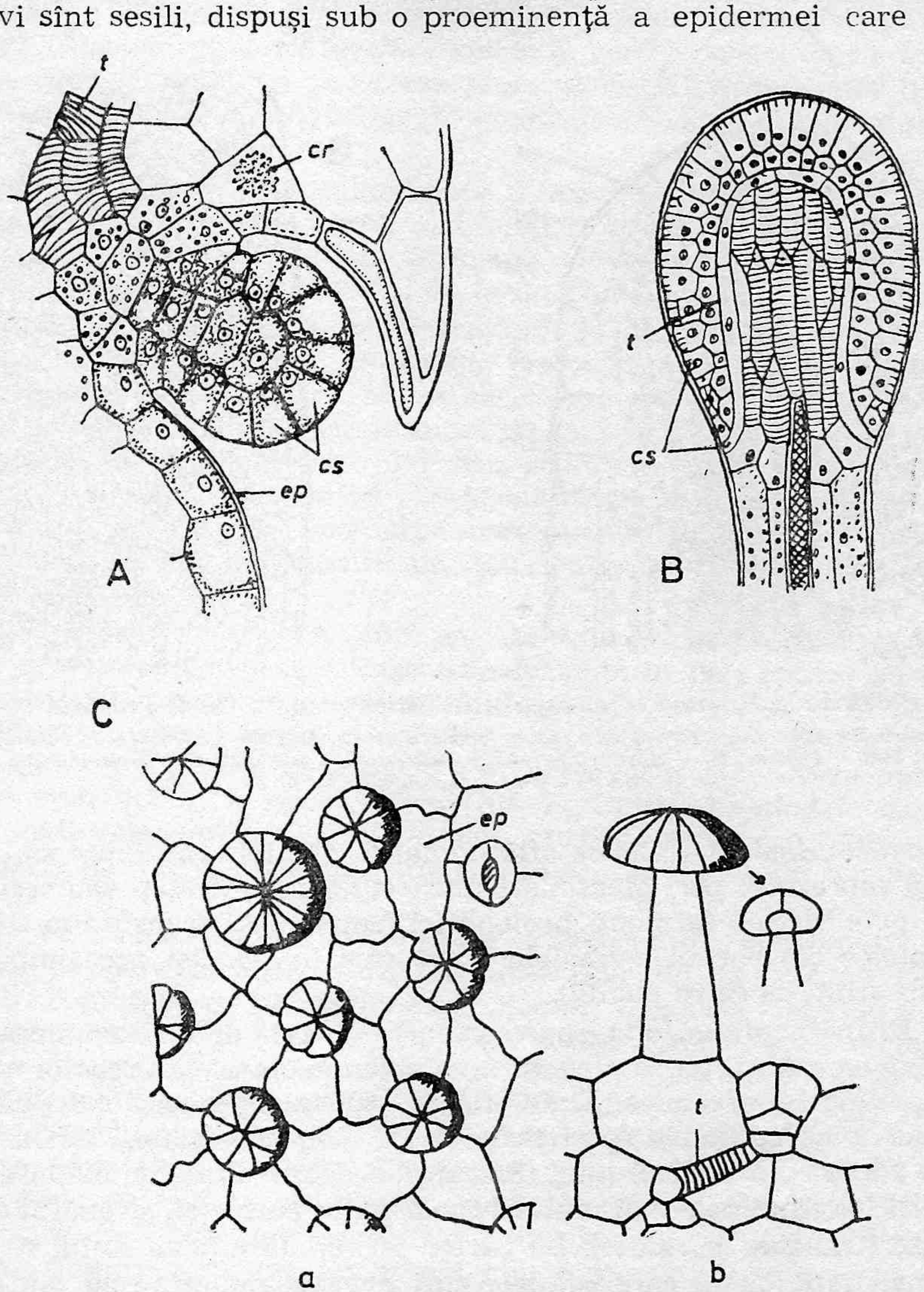


Fig. **75.** Glande digestive la frunzele de *Nepenthes phyllamphora* (*A*), *Drosera rotundifolia* (*B*) și *Pinguicula vulgaris* (C); *A*, *B* — secțiune longitudinală ; C_a — secțiune superficială ; *C* — secțiune transversală :

cr — ursin de oxalat de calciu; *cs* — celule secretoare; *ep* — epidermă; *t* — traheide (*A*, *B* : după U l l r i c h și A r n o l d; *C* : după B i e b l și G e r m).

șește urna provenită din transformarea unei părți din frunză (fig. 75, A). Perii comunică cu ultimele ramificații ale nervurilor (reprezentate prin traheide spiralate), de unde se aprovizionează cu apă.

Osmoforii. Reprezintă un tip de glande speciale, care se găsesc în floare ; datorită acestora se fac simțite mirosuri provenite de la uleiurile ce se evaporă în aer sau se găsesc chiar sub formă de picături. Acest tip de glande se cunoaște la familiile *Asclepiadaceae, Araceae, Orchidaceae* etc. Identificarea osmoforilor în floare este posibilă prin tratarea acesteia cu roșu neutru ; țesutul respectiv al osmoforilor se colorează în roșu, punîndu-se în evidență celulele care sînt așezate în cîteva straturi adînci ; el este compact sau vascularizat, uneori cu spații intercelulare. Osmoforii provin din diferențierea unor părți din floare, care capătă forma de cili sau peri.

Glandele nectarigene (nectarifere, nectarii sau nectarine). Acestea reprezintă formațiuni la alcătuirea cărora iau parte celule epidermice de tip special, iar uneori și celule subiacente. Celulele glandelor nectarifere elaborează o soluție apoasă de zaharuri simple, uleiuri eterice, gume și alte substanțe, ca vitamine și hormoni, numită nectar.

Termenul de nectar a fost folosit pentru prima dată de J. R u e l i u s (1543) și adoptat ca atare de A. C a e s a l p i n i (1583), care s-a ocupat în mod deosebit de procesul de formare a acestei secreții. Particularitatea unor celule de a secreta nectar o au deja și unele frunze ale ferigilor.

După poziția pe care o ocupă, glandele nectarifere au fost grupate în două categorii încă de către M. C a s p a r y (1848) : florale și extraflorale.

F l o r a l e sînt acelea formate pe diferite părți ale florii, cum ar fi : la baza staminelor, ca la *Sinapis* (muștar) (fig. 76, C) ; la baza petalelor și pe partea internă a acestora, fiind protejate de un solz, ca la *Ranunculus* (fig. 76, A, B) ; la baza sepalelor, ca la *Tilia tomentosa* (tei alb) ; nectarul se mai găsește și în formațiuni prelungite, cu aspect de cornete ale petalelor sau sepalelor de la *Tropaeolum majus* (condurul doamnei), *Aconitum* (omag), *Aquilegia* (căldărușe) ; ele se găsesc și la baza gineceului, ca la *Vitis* (fig. 76, D), precum și la marginea ciatiului, ca la *Euphorbia.*

E x t r a f l o r a l e sînt acelea care apar pe diferite organe vegetative ale plantelor, de exemplu pe stipele, ca la *Viola, Vicia sepium* (fig. 76, E, F), pe pețiol, ca la *Prunus, Acacia,* sau în unghiurile dintre nervurile frunzelor, ca la *Catalpa* (vanilie sălbatică).

O altă clasificare a glandelor nectarifere a fost făcută de D e l p i n o (1868, 1874), ținînd seama de participarea lor în procesul de polenizare : *nupțiale* și *extranupțiale.*

Diversitatea sub care apar nectariile, ținînd seama de poziție, aspect exterior și structură a fost menționată încă de K. L i n n é. Cu privire la rolul țesutului nectarifer se consideră, tot încă de la L i n n é, că ar servi drept mijloc de hrană pentru insecte, precum și în procesul polenizării, prin atragerea acestora. C h. D a r w i n a menționat că țesutul nectarifer nu este legat numai de atragerea insectelor. Din timpuri și mai vechi, J. P o n t e d e r a (1719) a emis părerea că nectarul ar servi la hrănirea și dezvoltarea embrionului. B u r c k a găsit că apariția nectarului face posibilă pierderea apei anterelor și astfel are loc deschiderea acestora ; de asemenea, a arătat că nectarul are proprietăți antibiotice. E. N. G h e r a s i m o v a-N a v a ș i n a a constatat că glandele nectarifere au o in-

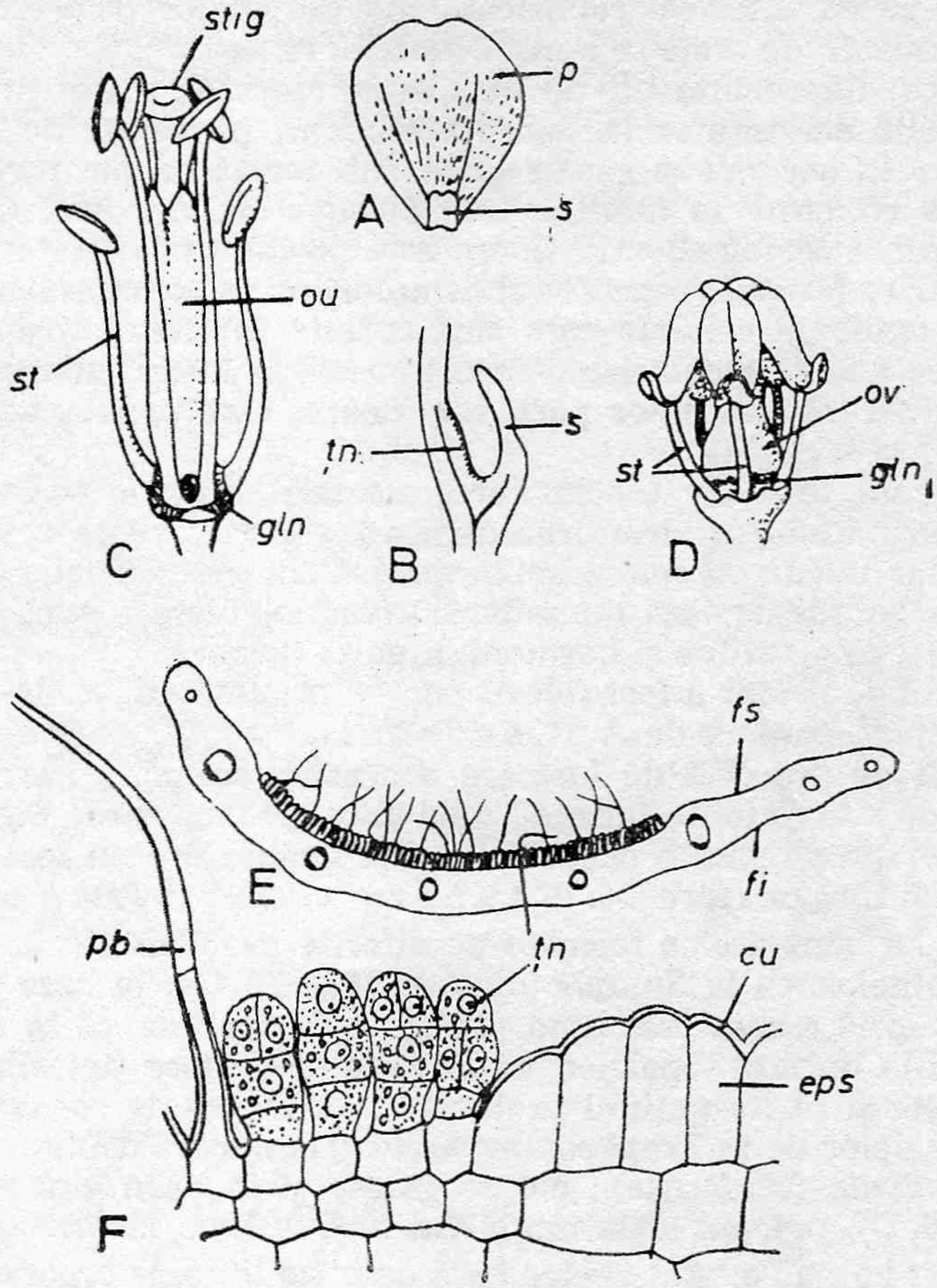


Fig. 76. Nectarii la *Ranunculus acer* (A—B), *Sinapis nigra* (C), *Vitis vinifera* (D) și *Vicia sepium* (E—F):

A—D : glande nectarifere florale; *E—F* : glande nectarifere extraflorale; *E* : schema secțiunii transversale prin stipelă; *F* : sector mărit, din *E* ; *cu* — cuticulă; *eps* — epidermă superioară; *fi* — față inferioară; *fs* — față superioară; *gln* — glandă nectariferă; *ov* — ovar; *p* — petală (port-nectariu) ; *pb* — păr bicelular; *s* — solz nectarifer; *st* — stamină; *stig* — stigmat; *țn* — țesut nectarifer (*A—D* : după *I.* Grințescu; *E—F* : după Haberlandt).

fluență finală în creșterea tuburilor polenice și asigură imunitatea florilor.

După cercetările recente ale lui Fl. Tăcină (1976), bazate și pe o aprofundată analiză bibliografică la principalele familii de angiosperme, glandele florale (nupțiale) sînt situate, în raport cu părțile florii, după cum urmează :

— la partea internă a sepalelor (*Tiliaceae, Malvaceae*) ;
— la baza petalelor (*Berberidaceae*, unele *Papaveraceae*) ;
— între periant și androceu (*Ranunculaceae, Hippocastanaceae*) ;

— la baza staminelor (*Polygonaceae, Caryophyllaceae, Cactaceae, Cruciferae, Chenopodiaceae, Geraniaceae* etc.) ;
— între androceu și gineceu (*Rosaceae, Leguminosae, Vitaceae*) ;
— la baza stilului (*Cornaceae, Compositae etc.*) ;
— în partea superioară a ovarului *(Umbelliferae, Campanulaceae)* ;
— la baza carpelelor *(Gentianaceae, Crassulaceae, Convolvulaceae, Boraginaceae, Solanaceae, Labiatae, Scrophulariaceae* etc.) ;
— la baza florii (*Salicaceae, Lythraceae* etc.) ;
— în septele care separă lojele ovarului (*Monocotyledonatae*).

După morfologia lor externă, glandele florale se prezintă sub următoarele forme : inel întreg sau divizat, discuri de diferite dimensiuni, burlet mai mult sau mai puțin proeminent, protuberanțe, suprafețe acoperite cu peri glandulari, staminodii, cornete, pinteni sau ligule la *Dicotyledonatae,* iar la *Monocotyledonatae* țesutul glandular tapetează niște cavități înguste, polimorfe, localizate în septurile ovarului.

Glandele extraflorale (extranupțiale) sînt de două categorii : *simple,* de origine exclusiv epidermică, sesile, lipsite de vascularizații și *complexe,* pedunculate, vascularizate, specializate, constituite din mai multe tipuri de țesuturi.

Glandele extraflorale se pot afla pe stipele (de ex. la unele specii de *Vicia*), la baza pețiolului (*Persica vulgaris* — piersic) sau la partea lui distală, sub limbul foliar (*Cerasus avium*) (fig. 77).

Țesutul nectarifer de pe sepalele de *Tilia* este reprezentat prin epiderma superioară, ale cărei celule au pereții subțiri și bombați, elaborînd nectarul sub formă de picături la suprafața lor. La *Acer,* discul nectarifer de pe receptacul prezintă sub epidermă 3—4 straturi de celule cu citoplasmă bogată, cu multă glucoză și uleiuri eterice, alcătuind glanda nectariferă.

La *Vicia sepium,* majoritatea celulelor epidermice de pe fața superioară a stipelei sînt transformate în peri glandulari pluricelulari, ce alcătuiesc glanda nectariferă ; din loc în loc se află și peri tectori lungi, mai adesea bicelulari (fig. 76, E, F).

Nectarul iese din celule prin difuziune, fie eliminat direct la exteriorul celulelor glandulare, fie eliminat afară prin crăpături produse la nivelul glandei nectarifere (*Berberis* — dracilă) sau prin stomate speciale (*Persica vulgaris*). Eliminarea nectarului este un proces de excreție, ce se face în mod asemănător cu gutația și se datorește excesului de apă din plantă, care antrenează în eliminarea ei și nectarul, ce se diluează, eliminîndu-se împreună sub formă de picături.

Glandele nectarifere intraflorale au un rol biologic deosebit de important, atrăgînd insectele polenizatoare (care caută nectarul pentru hrană). Din punct de vedere practic, glandele nectarifere constituie sursa de „fabricare“ a mierii de către albine, miere cu o deosebită valoare alimentară.

Țesutul nectarifer se deosebește de țesuturile înconjurătoare atît prin caracterele celulelor sale, cît și histochimic, printr-o înaltă activitate a fosfatazei acide.

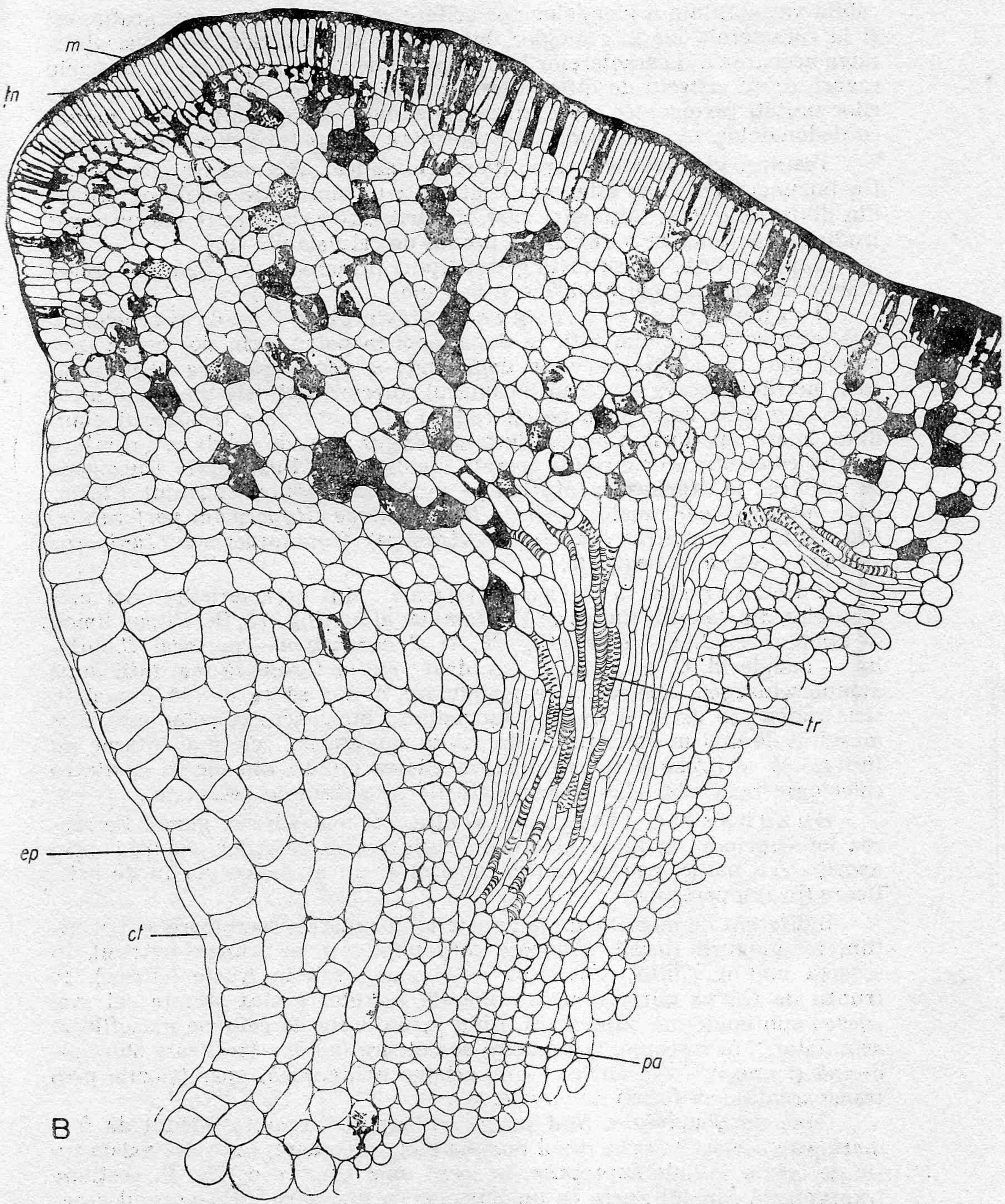
În legătură cu vascularizația, glandele mai puțin voluminoase stabilesc raporturi de contiguitate cu fasciculele vasculare situate în imediata apropiere sau în contact cu țesutul glandular, pe cînd glandele mai volu-

minoase posedă în general fascicule conducătoare proprii, provenite din fasciculele organelor sau părţilor de organe purtătoare de nectarii.

Diferenţierea şi evoluţia filogenetică a glandelor nectarifere sînt legate de transformările evolutive ale florii, în cadrul modificărilor fundamentale ale structurii şi funcţiei acesteia, determinate de trecerea de la polenizarea directă la cea încrucişată. Dacă se consideră existenţa aparatului nectarifer ca o consecinţă a necesităţilor ecologiei florale, se poate atunci admite că acesta reprezintă un excelent ghid filogenetic. Remar-

Fig. 77. Ţesut nectarifer

A — schema secţiunii transversale prin peţiol; *B* — porţiune din ţesutul nectarifer, extrafloral; *ct* — cuticulă; *gne* — glandă nectariferă; *ep* — epidermă; *m* — mucilagiu; *pa* — parenchim;



extrafloral la *Cerasus avium* ·

ph — floem (liber); *ș* — șanț; *tr* — traheide; *țn* — țesut nectarifer; *țș* — țesut sclerenchimatic; *x* — xilem (lemn) (după I. T. Tarnavschi și colab.).

cabila variabilitate a glandelor nectarifere se referă atît la topografia, cît și la caracterele lor morfologice, histologice și citologice. Prin variabilitatea accentuată a caracterelor lor, glandele nectarifere pot servi, în unele cazuri, drept criteriu de diferențiere practică a taxonilor. La nivelul marilor unități taxonomice, de exemplu, glandele septate sînt proprii monocotiledonatelor, pe cînd discurile nectarifere sînt proprii dicotiledonatelor.

Țesuturi glandulare interne (parenchimatice). *Buzunarele glandulare.* Un buzunar glandular este constituit dintr-un masiv de celule ce provin din diviziunile unei inițiale și care, depărtîndu-se, lasă între ele un meat izodiametric (unde se varsă uleiul produs de celulele din jur).

După evoluția lor se disting trei tipuri principale de buzunare secretoare : schizogene, schizolisigene și lisigene.

Buzunarele schizogene provin dintr-o celulă parenchimatică, care se divide mai întîi în două, apoi în patru, prin doi pereți perpendiculari. Aceste patru celule, depărtîndu-se ușor, lasă între ele un meat care, mărindu-se, va constitui buzunarul colector. Celulele din jurul meatului format se divid prin pereți radiari ; la maturitate buzunarul glandular apare deci format numai dintr-un singur strat de celule ce înconjură spațiul colector ; aceste celule secretă uleiul eteric. Buzunarele schizogene se întîlnesc la *Myrtaceae (Myrtus* — mirt, *Eucalyptus, Eugenia), Clusiaceae, Myoporaceae*, unele specii de *Hypericaceae (Hypericum perforatum)* (fig. 78, C), *Compositae (Tagetes* — vîzdoage), *Gymnospermae (Juniperus sabina* — cetină de negi) etc.

Buzunarele schizolisigene sînt caracteristice mai ales plantelor din familia *Rutaceae (Dictamnus albus* (fig. 78, B), *Citrus limon* — lămîi, *C. medica* — chitra (fig. 78, A), *C. aurantium* — portocal, *C. nobilis* — mandarin, *C. paradisii* — grepfrut ; ele se formează mai întîi după modul schizogen, însă celulele glandulare în loc să se dividă numai în sens radiar, se divid și în sens tangențial ; buzunarul colector este deci mărginit de mai multe straturi de celule suprapuse ; cele mai interne nu întîrzie să se lizeze și se pot observa adesea resturi din ele în cavitatea colectoare rezultată, alături de picăturile de substanțe secretate.

Buzunarele lisigene conțin, cel mai adesea, gume. Formarea lor cuprinde un prim stadiu de îngroșare a pereților celulari prin apoziție (cu pături pectice sau celulozice) și un al doilea stadiu de gelificare (lizǎ) a pereților.

Indiferent de modul cum iau naștere, buzunarele secretoare se pot întîlni în mugurii florali *(Eugenia caryophyllata),* în frunze (citrice), în scoarța tulpinii *(Ruta graveolens* — vienant), sau în fructe (citrice). În frunza de *Citrus aurantium,* buzunarele secretoare sînt situate cel mai adesea sub epiderma superioară, fiind înconjurate de celulele mezofilului asimilator. Macroscopic, buzunarele secretoare (adesea localizate sub epidermă și uneori — la citrice — de origine epidermică) apar (văzute prin transparență) sub formă de puncte.

Canalele glandulare. Sînt pungi schizogene alungite. Modul de formare este același ca și în cazul buzunarelor secretoare, însă aici există un șir de celule inițiale suprapuse, în locul unei singure celule. În secțiune transversală canalul apare ca un buzunar cu diametru mic, cu unul, uneori două rînduri de celule epiteliale. În secțiune longitudinală se distinge o cavitate centrală alungită, limitată de două rînduri de celule înconjură-

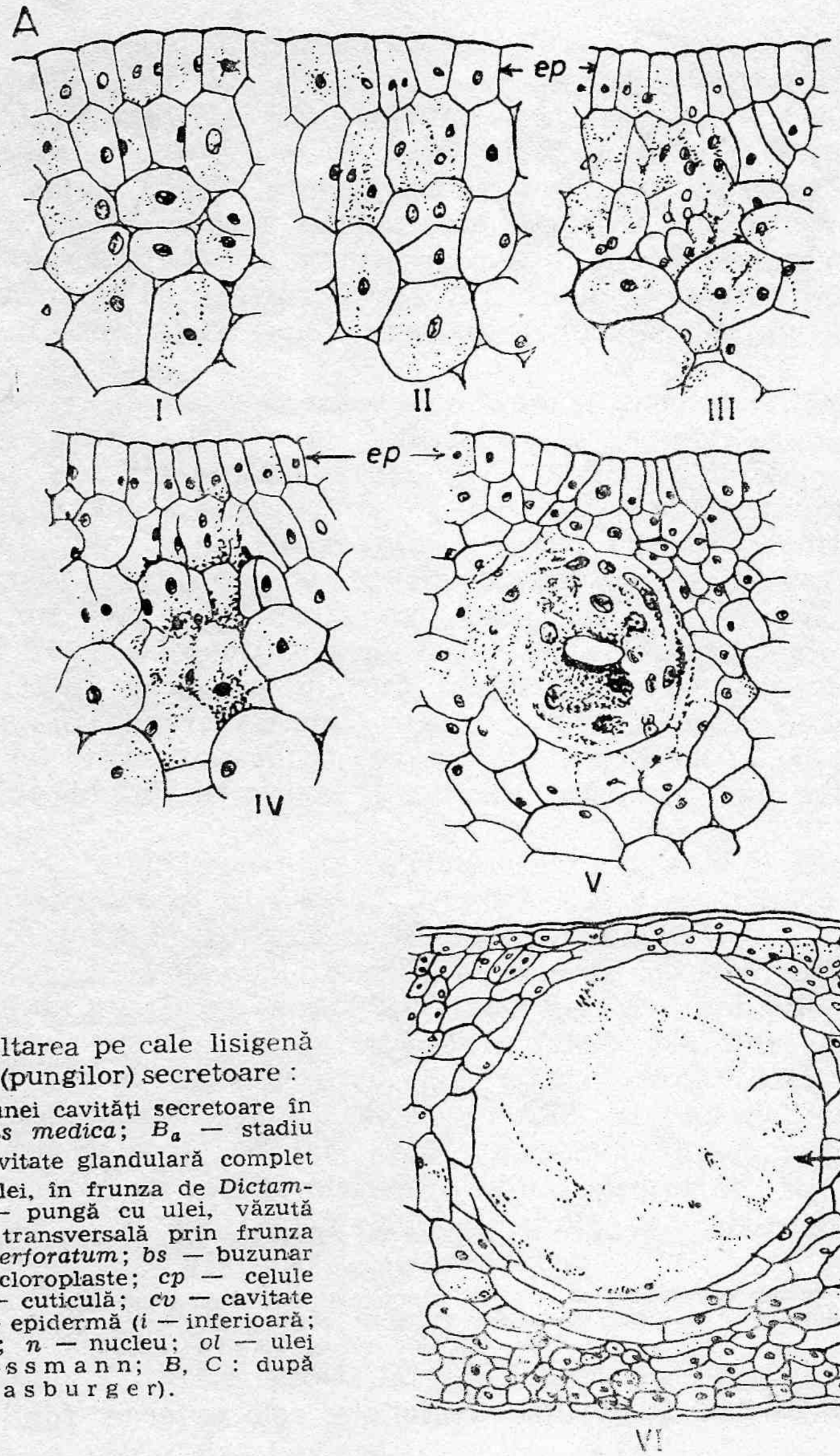


Fig. 78. Dezvoltarea pe cale lisigenă a cavităților (pungilor) secretoare :

A — formarea unei cavități secretoare în frunza de *Citrus medica*; B_a — stadiu tînăr; B_b — cavitate glandulară complet formată și cu ulei, în frunza de *Dictamnus albus*; *C* — pungă cu ulei, văzută într-o secțiune transversală prin frunza de *Hypericum perforatum*; *bs* — buzunar secretor; *cl* — cloroplaste; *cp* — celule palisadice; *cu* — cuticulă; *cv* — cavitate secretoare; *ep* — epidermă (*i* — inferioară; *s* — superioară); *n* — nucleu; *ol* — ulei (*A* : după Kaussmann; *B*, *C* : după Strasburger).

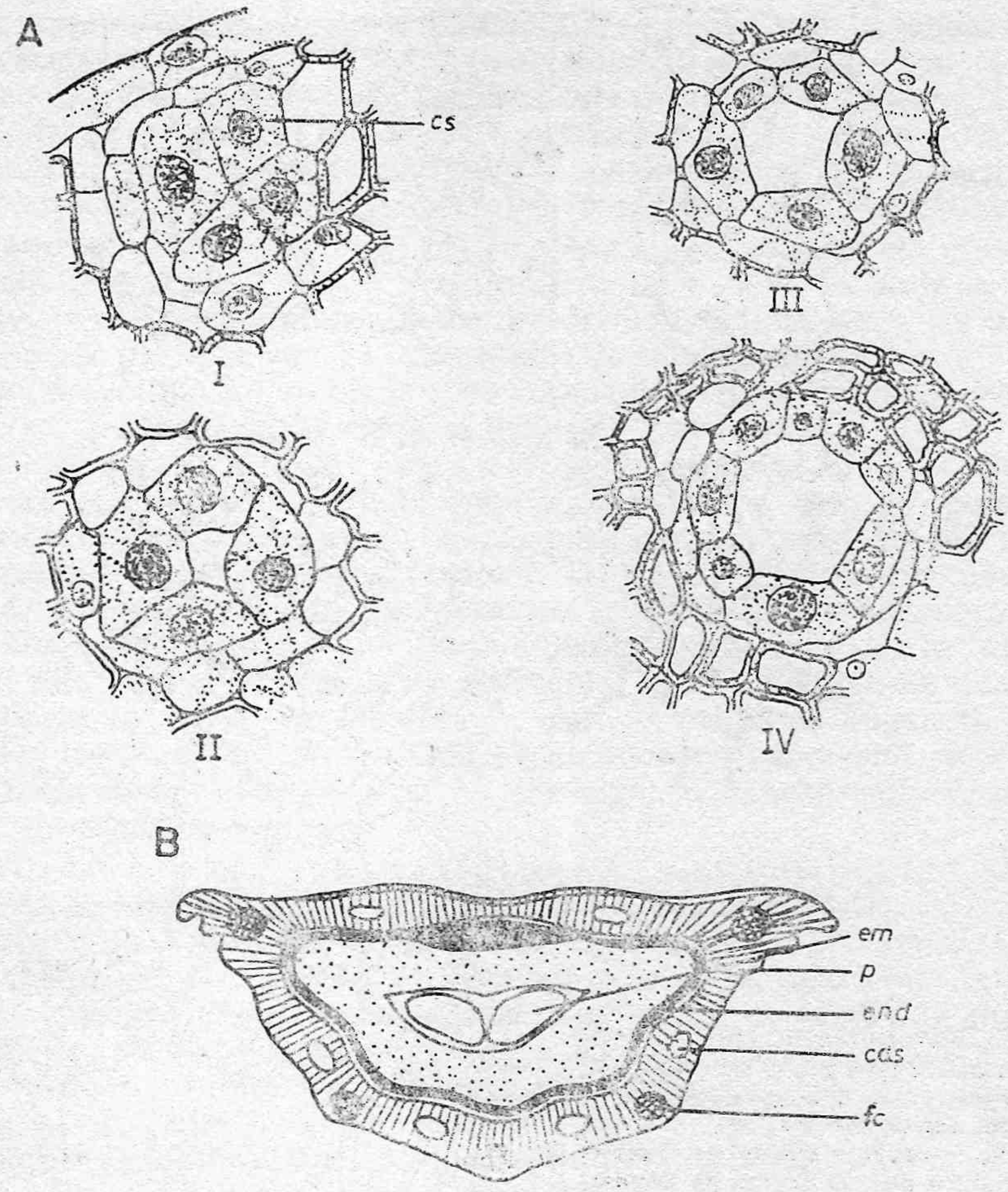


Fig. 79. Canale secretoare în tulpina de *Pinus* sp. (*A* : *I—IV*) și în fructul de *Phoeniculum vulgare* (*B*) :

cas — canale secretoare; *cs* — celule secretoare; *em* — embrion; *end* — endosperm secundar; *fc* — fascicule conducătoare; *p* — pericarp (*A* : după Guttenberg; *B* : după Sárkány și Szalai).

toare (cele interne fiind tipic epiteliale, cele externe fiind adesea mecanice).

Canalele glandulare pot fi întîlnite în toate părțile plantei. Sînt prezente mai ales la *Cycadales*, *Coniferales* (fig. 79, A) (în afară de *Taxaceae*), *Gnetales*, unele *Araceae (Philodendron)*, *Terebinthaceae*, *Simarubaceae*, *Araliaceae*, *Umbelliferae* (fig. 79, B), *Compositae*.

Celulele epiteliale ale canalelor glandulare produc diferite substanțe (rășini, la *Coniferales* — canalele numindu-se rezinifere), uleiuri eterice *(Umbelliferae :* chimion, anison, coriandru etc.) gume și mucilagii *(Cycadales, Sterculiaceae)*, latex *(Cactaceae, Anacardiaceae)*. La *Cycadales*, canalele sînt de tip schizogen după modul lor de formare, pereții celulelor rămînînd intacți.

La unele *Cactaceae (Mammillaria)*, canalele au origine lisigenă, în ele acumulîndu-se latex. La *Anacardiaceae* canalele pot conține rășini, uleiuri și rășini sau latex (ex. *Rhus typhina* — oțetar).

La speciile de *Copaifera* și de *Dipterocarpaceae* se întîlnesc canale glandulare de un tip aparte, numite *canale protogene*. În acest caz celulele parenchimului lemnos se îndepărtează unele de altele, devin secretoare și-și varsă conținutul în spațiul format prin îndepărtarea lor ; canalele astfel formate se anastomozează într-un inel. Lemnul din fiecare an va forma un nou inel de canale glandulare, independent de acelea din anii precedenți.

Importanța practică a țesuturilor secretoare și glandulare. Importanța plantelor ce conțin în organele lor laticifere este deosebit de mare, dacă avem în vedere că din această grupă fac parte speciile cauciucofere : arbori de cauciuc *(Hevea brasiliensis, Ficus elestica)* și de gutapercă *(Palaquium gutta)*. Omul a exploatat din cele mai vechi timpuri latexul plantelor cauciucofere sau al altor specii, extrăgînd diferite droguri, alcaloizi (papaverina, morfina, codeina etc., toate separate din opiul extras din fructul de mac), fermenți proteolitici cu utilizări medicinale etc. Importante sînt însă, în aceeași măsură, *uleiurile eterice* (amestecuri de substanță de natură foarte variabilă : carburi, alcooli, fenoli, esteri, aldehide, cetone), cu unele proprietăți comune : sînt puțin și incomplet solubile în apă, sînt solubile în alcooli și solvenți grași, sînt mai puțin dense ca apa și volatile.

Uleiurile eterice sînt elaborate în citoplasma vie, apoi (nefiind miscibile cu ea) se separă prin sinereză și termină prin a constitui o veziculă extraplasmatică complet distinctă de vacuola apoasă.

Rășinile sînt, ca și uleiurile eterice, amestecuri de compoziție variabilă, dar avînd un număr de proprietăți comune : sînt insolubile în apă și solubile în alcool, inegal solubile în solvenți grași. Nu sînt volatile. În compoziția lor intră alcooli și acizi speciali (rezinoli, rezinotanoli, acizi rezinoși) sau banali (alcool banzilic, acizi benzoici și cinamic) și corpuri neutre oxigenate, de structură incomplet cunoscută. Adesea, rășinile sînt amestecate în plantă cu uleiuri eterice (formînd oleorezine : ex. terebentina de pin) sau cu gume (gumorezine). Rășinile se formează în citoplasmă, ca și uleiurile eterice.

3.5.7. ȚESUTURI SPECIALE

În această categorie sînt incluse țesuturile senzitive și cele de separație.

3.5.7.1. ȚESUTURI SENZITIVE

Sînt alcătuite din celule de obicei epidermale, caracterizate printr-o sensibilitate mult mărită, astfel încît reacționează activ cînd acționează asupra lor diverși excitanți.

Protoplasma celulelor vegetale, ca și cea a celulelor animale, este înzestrată cu iritabilitate, o formă particulară de sensibilitate, grație căreia

ea este capabilă să perceapă *excitații* de origine externă sau internă. Perceperea acestor excitații este urmată de un *răspuns* sau o reacție, care poate consta, de exemplu, într-o *mișcare de curbură*. Această reacție își poate avea sediul în alte celule sau țesuturi decît acelea care au fost direct afectate de către stimuli (excitanți) ; în acest caz este necesară transmiterea informației de la celulele sau țesuturile care au primit excitația, la acelea care sînt sediul procesului reacțional.

Există numeroase exemple, bine cunoscute, de astfel de fenomene la plantele superioare. Așa este perceperea *gravitației* de către rădăcini ori tulpini și răspunsul acestor organe printr-o *curbură geotropică*, dacă poziția lor normală în raport cu direcția acestei forțe a fost modificată ; perceperea excitațiilor mecanice de contact sau de frecare de către *cîrceii* numeroaselor plante agățătoare are ca efect tot o mișcare de curbură la locul de contact, care determină cîrcelul să se ruleze în jurul tutorelui sau al ramurii care a produs excitația ; perceperea șocurilor sau a zdruncinăturilor de către frunzele de *Mimosa pudica* și mișcările pețiolurilor ori ale foliolelor la excitația primită etc.

Se poate, așadar, vorbi pentru plante, ca și pentru animale, de țesuturi sau organe senzoriale, care sînt sediul perceperii excitațiilor și de țesuturi sau organe motoare, datorită cărora are loc reacția, care constă dintr-o mișcare.

Perceperea de către plante a diferitelor feluri de excitații produse de factori externi (direcția gravitației, modificările de temperatură, de lumină sau de umiditate, acțiunea substanțelor chimice, a șocurilor, frecăturilor, zdruncinăturilor etc.), implică existența diferitelor tipuri de sensibilitate. Perceperea acestor forme de excitare trebuie să fie condiționată, în materia vie, de anumite particularități structurale.

În multe cazuri este imposibil să punem în evidență vreun dispozitiv histologic sau anatomic căruia să-i putem atribui o funcție specializată în perceperea excitanților de origine externă ; astfel de plante nu sînt însă mai puțin înzestrate cu iritabilitate, deoarece ele pot reacționa printr-un răspuns mai mult sau mai puțin vizibil la asemenea excitații ; în cazul acestor plante se poate vorbi de o *sensibilitate difuză*, ce afectează foarte discret diversele lor celule, angajate dealtfel în alte activități fiziologice mai evidente. La asemenea plante diferențierea histologică este orientată spre : protecția superficială a organelor (aparat tegumentar), fixarea fotosintetică a carbonului (aparat clorofilian), fixarea ionilor nutritivi și conducerea sevei în plantă (aparat de absorbție și de conducere), menținerea arhitecturii organelor prin îngroșarea pereților (aparat de susținere), elaborarea sau depunerea unor substanțe nutritive (aparat de rezervă), formarea unui sistem de spații aerifere și deschideri, pentru circulația gazelor și a vaporilor de apă (aparat de ventilație sau aerifer), izolarea de produse de secreție sau de excreție, eliminarea apei în stare lichidă (aparat secretor și glandular), specializarea în anumite mecanisme cu manifestări motoare (aparat motor) și — în sfîrșit — formarea de noi țesuturi (este cazul meristemelor) sau de celule reproducătoare etc.

La multe plante, însă, pe lîngă aceste aparate (țesuturi) și această sensibilitate generală (difuză), se adaugă specializarea pronunțată a unor țesuturi în perceperea de excitații, specializare care se traduce printr-o diferențiere histologică deosebită. În acest caz, posibilitatea de percepere

a unui tip sau altul de stimul (excitaţie) de origine externă este strict localizată în celule sau grupe de celule special diferenţiate pentru îndeplinirea acestei funcţii. Aşadar, se poate vorbi şi la plante de *organe senzoriale*, fără însă a li se putea atribui, bineînţeles, posibilitatea unei percepţii în sensul psihologic al cuvîntului, adică fără a putea vorbi de o senzaţie.

La nivelul actual de cunoştinţe, se poate vorbi de organe senzoriale cu adevărat specializate doar la puţine plante, pentru un număr mic de tipuri de excitaţii externe. Într-adevăr, este vorba numai de excitaţii gravitaţionale captate de către *statociste*, de excitaţii mecanice (de contact sau de şoc) percepute de celulele sau ţesuturile calificate ca „*tactile*“, şi, în sfîrşit, de excitaţii luminoase primite de către organele „*optice*“. Pînă în prezent nu se cunoaşte vreun dispozitiv histologic pe care să-l putem privi ca fiind special adaptat la perceperea excitaţiilor de natură chimică, deşi se pare că plantele ar fi, totuşi, sensibile la acest tip de stimul. De asemenea, plantele sînt lipsite aparent de vreo diferenţiere specială adaptată la perceperea excitaţiilor termice, în ciuda importanţei fiziologice a factorului temperatură în viaţa plantelor.

În legătură cu capacitatea de percepere a excitaţiilor de origine externă, de către protoplasma vie a celulelor „senzoriale“, se pune problema sediului acestei facultăţi de percepere. Aşa cum se ştie, una dintre proprietăţile fiziologice ale citoplasmei este cicloza (mişcare intracelulară), care afectează numai zona sa internă, mai fluidă *(hialoplasma)* şi nu peliculele (membranele) citoplasmatice : externă *(plasmalema)* şi internă *(tonoplastul)*. Se înţelege că partea fluidă şi mobilă a citoplasmei (hialoplasma) iese din cauză în procesul de percepere a excitaţiilor de origine externă. Aşadar, sediul proceselor de percepere a excitaţiilor nu poate fi decît în regiunile mai mult sau mai puţin imobile şi relativ solide ale citoplasmei, adică *plasmalema* şi, poate, chiar tonoplastul.

Cînd un organ „senzorial“ a captat un stimul produs de un factor extern, se declanşează o serie de procese care se termină obişnuit prin executarea unei *mişcări de curbură*. O asemenea reacţie provocată de o excitaţie de origine externă, este o mişcare calificată ca fiind *paratonică* în comparaţie cu cele *spontane*, de origine internă şi care au un caracter autonom, endogen. În concluzie, sediul sensibilităţii nu se află în regiunea de curbură, deci de răspuns. De exemplu, perceperea stimulului geotropic pentru rădăcină îşi are sediul în regiunea ei apicală (unde se află scufia), însă răspunsul (care se traduce printr-o curbură) se află în zona subterminală, unde are loc creşterea în lungime a organului. Trebuie deci să aibă loc transmiterea excitaţiei de la celulele georeceptive la ţesuturile reacţionale ale zonei de creştere. Întrevedem, astfel, de pe acum că ansamblul „perceperea excitaţiei şi reacţia de curbură“ trebuie să comporte un lanţ de procese legate unele de altele.

Prima verigă a acestui lanţ constă în captarea sau *perceperea stimulului* de către celulele care constituie sediul sensibilităţii. Această primă fază constă într-o modificare fizică, ce afectează citoplasma sub efectul excitaţiei primite. Celula *percepe informaţia* (mesajul) pe care o primeşte în urma acţiunii factorului responsabil ; ea transformă apoi această informaţie şi o transmite la ţesutul care constituie sediul reacţiei (de ex. de curbură nastică sau tropică, după excitarea de către anumiţi factori : şoc

mecanic, lumină, temperatură etc.). În cazul geosensibilității, prima fază a procesului de percepție constă într-o acțiune imediată a gravitației asupra unei anumite mase ce face parte din sistem (celule sensibile), ce aduce o schimbare fizică în interiorul acestei mase.

A doua verigă implică *transformarea acestei informații* cu caracter fizic într-o informație biochimică ; de exemplu, pentru cazul geotropismului are loc punerea în joc a unei substanțe de natură hormonală (acidul β-indolil acetic). Modificarea fizică și elaborarea biochimică a unui factor hormonal se pare că ar constitui împreună adevărata percepție a stimulului de gravitație.

A treia verigă constă în *transmiterea informației* primite, de la locul de percepere pînă la regiunea de creștere, unde va avea loc reacția de curbură. Ea trebuie să conste, în principal, în difuziunea factorului hormonal de creștere, pus în joc ca urmare a perceperii stimulului. În această fază încă nu se produce reacția în mod aparent ; această fază corespunde timpului de latență, care se scurge între timpul minimal de impresiune și începutul curburii.

A patra verigă constă în *reacția de curbură*, ea însăși consecința difuziunii regulatorului (hormonului) de creștere pus în joc. Este răspunsul vizibil la informația primită. Această schemă, foarte pe scurt expusă, s-a bazat pe fenomenul de geotropism.

Organele senzoriale descoperite și studiate la plantele superioare sînt, în principal, următoarele : aparatul statolitic, organele „tactile“ și organele „optice“.

a. *Aparatul statolitic*. Acesta este astfel numit pentru că celulele sale constitutive, numite *statociste*, conțin *statolite*, adică grăuncioare de amidon mobil care, dacă organul considerat este deviat de la poziția sa normală în raport cu direcția forței de gravitație, sub influența acesteia se deplasează și vin să excite stratul citoplasmatic al celulei, acest proces fiind privit drept cauza geopercepției. Această deplasare a grăuncioarelor de amidon, la rădăcină se produce în zona axială a vîrfului vegetativ sau columela scufiei.

Celulele straturilor periferice și din vîrful scufiei, adesea pe cale de exfoliere, sînt în mod obișnuit lipsite de grăuncioare de amidon, pierzîndu-și astfel geosensibilitatea.

În statocistele funcționale, excitația geotropică începe din momentul în care organul este schimbat din poziția sa de echilibru. O redistribuire totală a statolitelor nu este deci o condiție esențială a excitației ; intensitatea acesteia crește treptat, pe măsură ce grăuncioarele de amidon migrează spre noua lor poziție și ea atinge valori maxime cînd toate grăuncioarele de amidon se vor dispune pe regiunea plasmalemei ce tapisează fața celulei devenită fizic inferioară. Timpul necesar pentru o redistribuire completă a statolitelor, după o schimbare de orientare dată rădăcinii, variază în medie de la 5 la 20 minute.

Rădăcinile aeriene ale orchideelor epifite, care în majoritatea cazurilor sînt perfect ageotropice, nu conțin grăuncioare de amidon mobile. Dimpotrivă, rădăcinile aeriene pozitiv-geotropice ale unor *Aroideae* (ex. *Monstera*), care termină prin a atinge solul sau apa și a se comporta ca și rădăcinile absorbante, sînt prevăzute cu statolite ca și unele rădăcini respiratoare negativ-geotropice (ex. *Phoenix canariensis*, *Jussiaea*).

La alte plante, organul statolitic principal în loc să fie localizat în scufie, se găsește puțin deasupra columelei, în apexul rădăcinii, la partea lui proximală, în straturile cele mai interne ale periblemului, care conțin în celulele lor grăuncioare de amidon (ex. *Selaginella martensii).*

În organele negativ-geotropice (tulpini și pedunculi ai inflorescențelor, precum și pulvinule ale unor tulpini sau peţioluri foliare) au fost identificate statociste cu statolite datorită cărora ele răspund prin reacţia de curbură la acţiunea forţei de gravitaţie. Statolitele sînt conţinute în celulele straturilor amilifere ale tulpinilor tinere, care constituie partea cea mai internă a scoarţei (numită uneori endodermoid sau chiar endoderm㠄). Stratul amilifer poate fi continuu sau discontinuu (numai la periferia fasciculelor vasculare) ; uneori (ex. în tulpina de *Urtica dioica)* fasciculele vasculare mici sînt însoţite la periferia lor doar de statociste solitare sau șiruri longitudinale de astfel de celule. În unele cazuri fiecare fascicul vascular este înconjurat de un strat amilifer propriu (ex. în tulpina de *Chelidonium majus*). În pedunculul inflorescenţei de *Arum ternatum* se observă mase de statociste alipite de liberul fasciculelor conducătoare. În tulpina de *Ranunculus acris* statocistele se găsesc pe flancurile lemnului fiecărui fascicul conducător, ca niște șiruri longitudinale. În sfîrșit, la unele plante (ex. *Thalictrum flavum* — rutișor galben), statolitele din tulpină se găsesc în celulele razelor medulare primare. În toate aceste cazuri celulele amilifere servesc, ca și la rădăcină, pentru perceperea excitaţiilor geotropice.

În organele vegetative aeriene, statocistele cu grăuncioare de amidon mobil sînt întotdeauna de natură parenchimatică, această formă — izodiametrică — de celule favorizînd migrarea rapidă a grăuncioarelor de amidon, în cazul în care organul este deviat din poziţia sa de echilibru în raport cu gravitaţia.

La numeroase specii nodurile tulpinii sînt ușor umflate și sensibile la gravitaţie. Așa este cazul, de exemplu, la *Zebrina pendula :* tulpinile care atîrnă se înrădăcinează la noduri și se ridică chiar din punctul de înrădăcinare.

În sfîrșit, s-au observat statociste și la organele florale sau în inflorescenţele capabile de reacţie geotropică.

Se poate deci spune că atît pentru organele aeriene, cît și pentru cele mai multe organe subterane (rădăcini, rizomi) este vizibilă o corespondenţă între prezenţa statocistelor și existenţa unei „aptitudini“ la georeacţie.

b. *Organe senzoriale „tactile“.* Sînt dispozitive care favorizează recepţia excitaţiilor mecanice : de contact, șocuri, de frecare etc., determinînd mișcări de curbură. Este cazul mai ales pentru *cîrceii* numeroaselor plante agăţătoare, pentru *frunzele* diferitelor specii de *Mimosa,* pentru *lobii foliari prehensili* ai plantelor carnivore *(Dionaea muscipula, Aldrovanda vesiculosa),* pentru *tentaculele de pe frunzele* de *Drosera,* pentru anumite piese florale (de ex. staminele de *Berberis*).

Stimulul mecanic, spre a putea fi perceput și a putea declanșa o reacţie, trebuie să producă o deformare netă la nivelul păturii de citoplasmă capabilă de sensibilitate, adică a peliculei citoplasmatice externe, imobilă, de lîngă peretele scheletic al celulei. Această deformare trebuie să fie bruscă și să se repete de mai multe ori, într-o succesiune rapidă. Ea

are ca efect provocarea, în pătura sensibilă, a tensiunii tangenţiale prin comprimare sau întindere.

Punctuaţii „tactile“. Sînt cunoscute mai ales în epiderma cîrceilor de la *Cucurbitaceae* şi în glandele cu care se termină tentaculele frunzelor de *Drosera*. Aceste formaţiuni histologice sînt foarte sensibile la excitaţiile de contact, de şoc sau de frecare. Ele au fost descoperite de P f e f f e r în peretele epidermic extern al cîrceilor de la *Cucumis sativus, Bryonia dioica* — mutătoare şi *Sicyos angulatus* (toate din familia *Cucurbitaceae).* H a b e r l a n d t completează această descoperire, făcînd următoarea precizare : dacă cîrcelul vine brusc în contact cu un obiect ce prezintă numeroase şi mici neregularităţi de suprafaţă (de ex. cînd este atins de o ramură sau de diverse alte obiecte solide), peretele extern al celulelor epidermice este deformat în numeroase suprafeţe foarte mici şi strict localizate ; pelicula citoplasmatică subiacentă, sensibilă, suferă atunci comprimări sau extensiuni tangenţiale, care constituie stimulul mecanic eficace, mai cu seamă dacă acestea se produc brusc şi de mai multe ori, într-o succesiune rapidă.

Aceste punctuaţii „tactile“ (studiate ulterior şi de către B o r z i, T r o n c h e t ş.a.) sînt cavităţi scobite în peretele extern al celulelor epidermice. Ele au forma unor chiuvete circulare sau eliptice şi se lărgesc adesea către exterior într-un fel de pîlnie.

La cîrceii de la *Cucurbitaceae* (fig. 80) punctuaţiile „tactile“ sînt, cel mai adesea, localizate pe suprafaţa lor morfologic-inferioară, îndreptată înaintea mişcării revolutive de „explorare“ ; aceasta este deci forţa care primeşte stimulul mecanic, dacă cîrcelul se atinge de un tutore în cursul traiectoriei mai mult sau mai puţin circulare, sau, mai adesea eliptice, vîrful său rămînînd liber în spaţiu. Această faţă devine apoi foarte concavă, rulîndu-se în jurul tutorelui, după ce a fost îndoită la nivelul unde ea a fost excitată de un şoc. Regiunea bazală a cîrcelului, recunoscută ca insensibilă la şocuri, este lipsită de punctuaţii „tactile“. Punctuaţiile „tactile“ lipsesc complet la cîrceii plantelor din alte familii *(Passifloraceae),* deşi aceştia sînt înzestraţi totuşi cu tigmoiritabilitate foarte evidentă ; după D a r w i n (1865, 1877), *Passiflora gracilis* este cea mai sensibilă dintre plantele cu cîrcei.

Cîrceii numeroaselor plante lipsite de punctuaţii „tactile“ prezintă adesea în peretele extern al celulelor epidermice, particularităţi de structură care par să poată favoriza perceperea excitaţiilor mecanice, facilitînd deformaţiile cauzate de un şoc sau de frecare. Acestea sînt uneori porţiuni foarte subţiate, strict localizate (de ex. în formă de benzi longitudinale înguste, tapisate la interior cu o pătură ectoplasmatică sensibilă) ; acesta este cazul cîrceilor de la *Sapindaceae*, studiaţi de către H a b e r l a n d t. Prezenţa striurilor în relief, pe epiderma numeroşilor cîrcei, măreşte în mod indiscutabil şansa de stimulare eficace, transformînd „alunecarea“ cîrcelului pe obiectul întîlnit, într-o succesiune rapidă de şocuri şi zdruncinături.

Un alt exemplu de punctuaţii „tactile“ este furnizat de către celulele superficiale ale umflăturilor glandulare pe care le poartă la vîrful lor *tentaculele* ce garnisesc marginea şi faţa superioară a frunzelor de *Dro-*

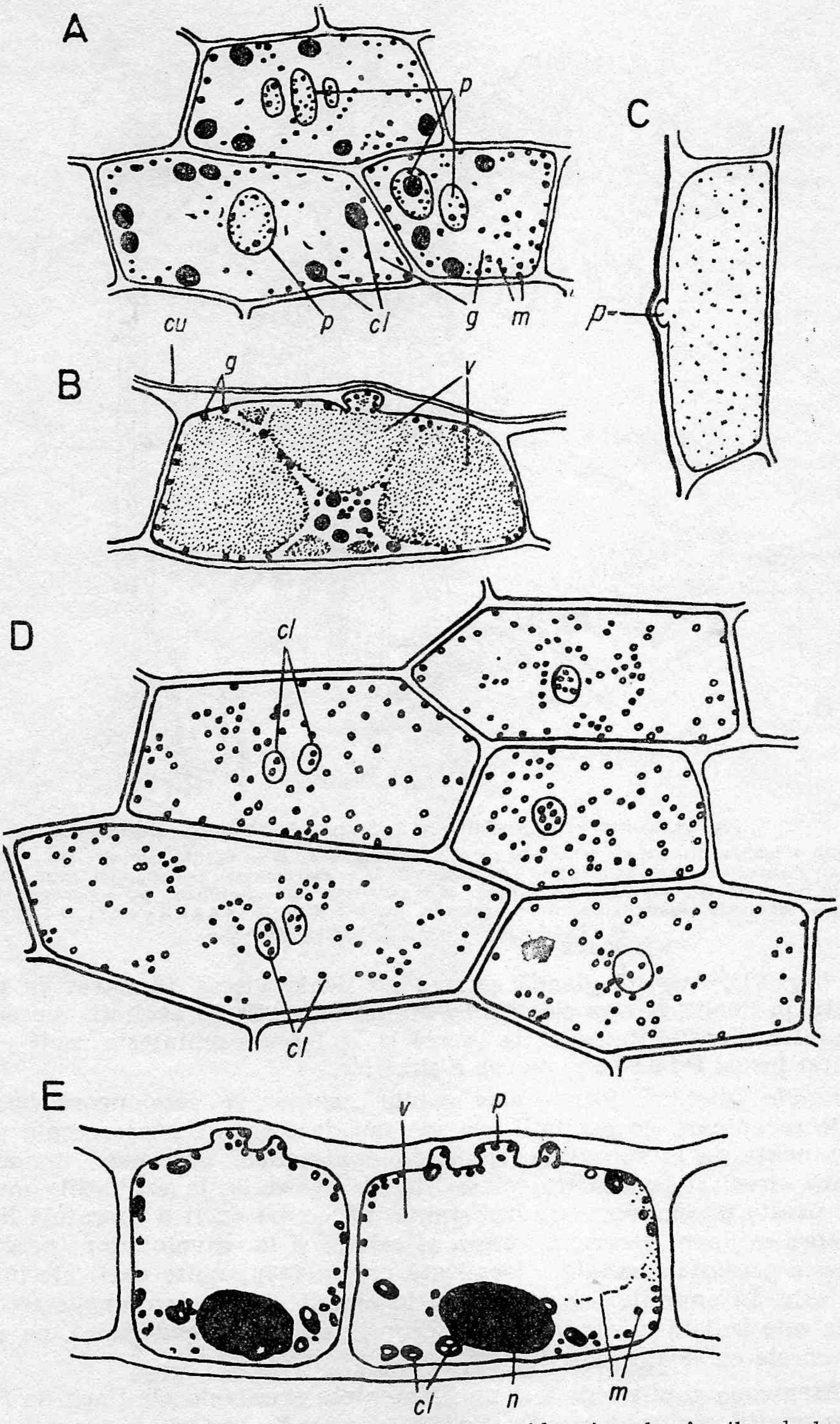


Fig. 80. Punctuații „tactile" în celulele epidermice ale cîrceilor de la *Bryonia dioica* :

A, D — văzute din față; *B, C* — văzute din profil; *E* — văzute în secțiune longitudinală; *cl* — cloroplaste; *cu* — cuticulă; *g* — globule lipidice; *m* — mitocondrii; *n* — nucleu; *p* — punctuații „tactile"; *v* — vacuole (după T r o l l)

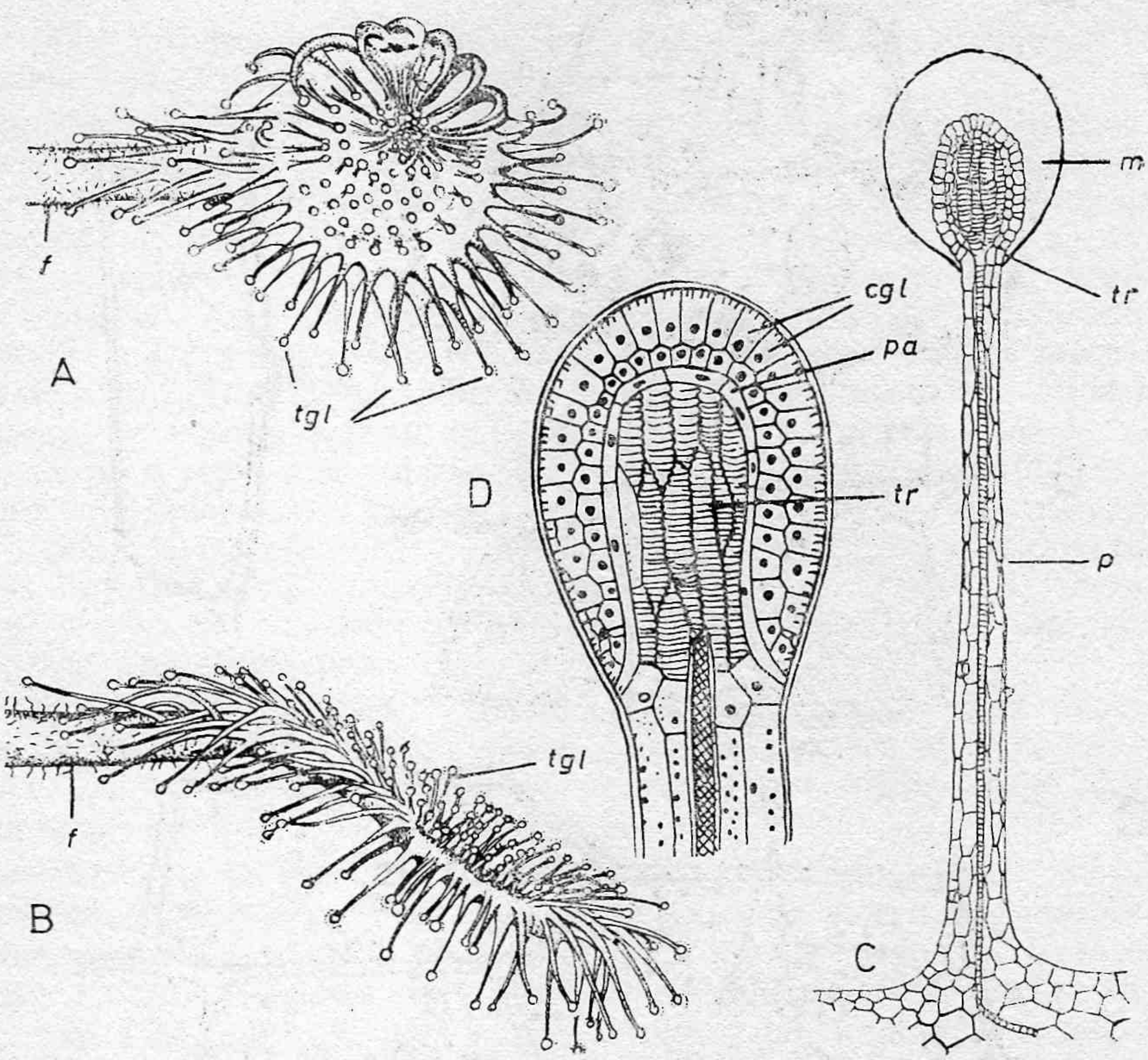


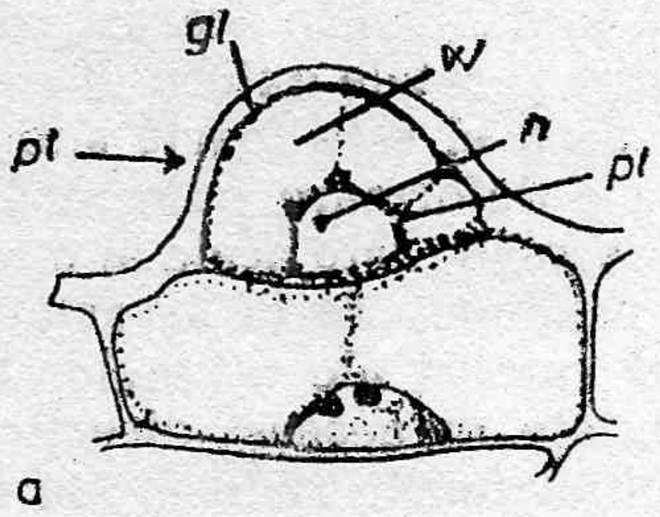
Fig. **81.** Tentacule glanduligere la frunza de *Drosera rotundifolia*:

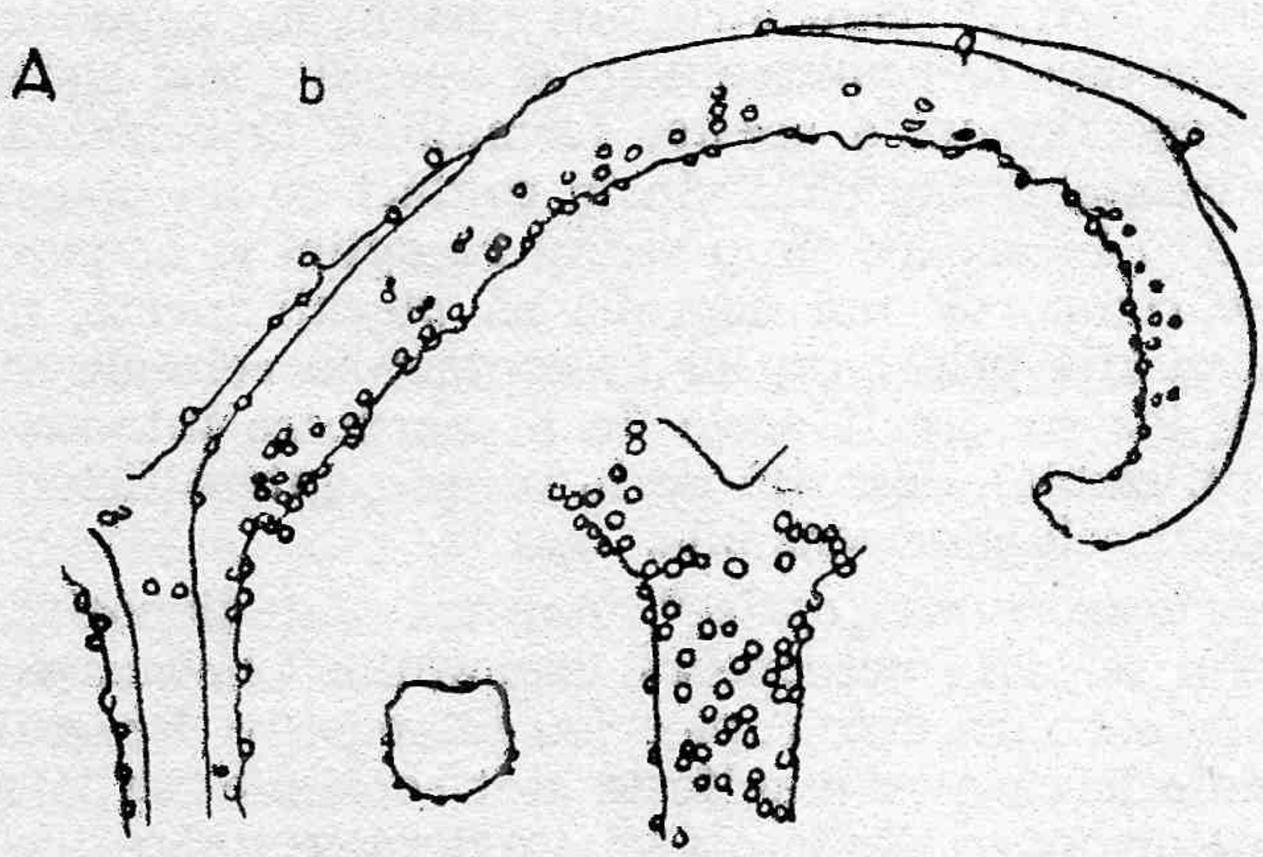
A, B — lamina frunzei cu tentacule (*A* — văzută de sus; *B* — văzută lateral); *C* — tentacul glanduliger văzut în secțiune longitudinală; *D* — extremitatea tentaculului, mult mărită; *cgl* — celule glandulare; *f* — frunză; *m* — mucilagiu; *p* — peduncul; *pa* — parenchim; *tgl* — tentacule glanduligere; *tr* — traheide (*A, C:* după Strasburger; *B:* după Molisch; *D:* după Guttenberg).

sera (fig. 81). Această glandă secretă un lichid vîscos, înzestrat cu proprietăți proteolitice, dar este (între altele) sensibilă la excitații mecanice și chimice. Sensibilitatea sa la șocuri și la frecare amintește mult (cum a arătat însuși Pfeffer) pe cea a cîrceilor.

Papile „tactile". Prin aceste papile „tactile" se desemnează formațiunile receptoare de excitații (de șoc sau de frecare), reprezentate prin proeminențe de la suprafața celulelor epidermice, observate numai la anumiți cîrcei și la anumite piese florale sensibile la excitațiile mecanice. Aceste proeminențe (protuberanțe) nu ocupă decît o suprafață limitată spre mijlocul peretelui extern al celulei și la nivelul lor peretele scheletic prezintă o subțiere localizată uneori în anumite părți ale întinderii sale. În anumite cazuri (de ex. în cîrceii de *Eccremocarpus scaber)* papila este izolată printr-un perete propriu de celula epidermică, pe mijlocul căreia ea se atașează (fig. 82, A).

Asemenea papile există și pe filamentele staminale ale florii de *Portulaca gradiflora* (iarbă grasă), (fig. 82, B) care dacă se atinge cu un ac se curbează spre partea care a fost excitată. Aceeași situație este întîlnită și





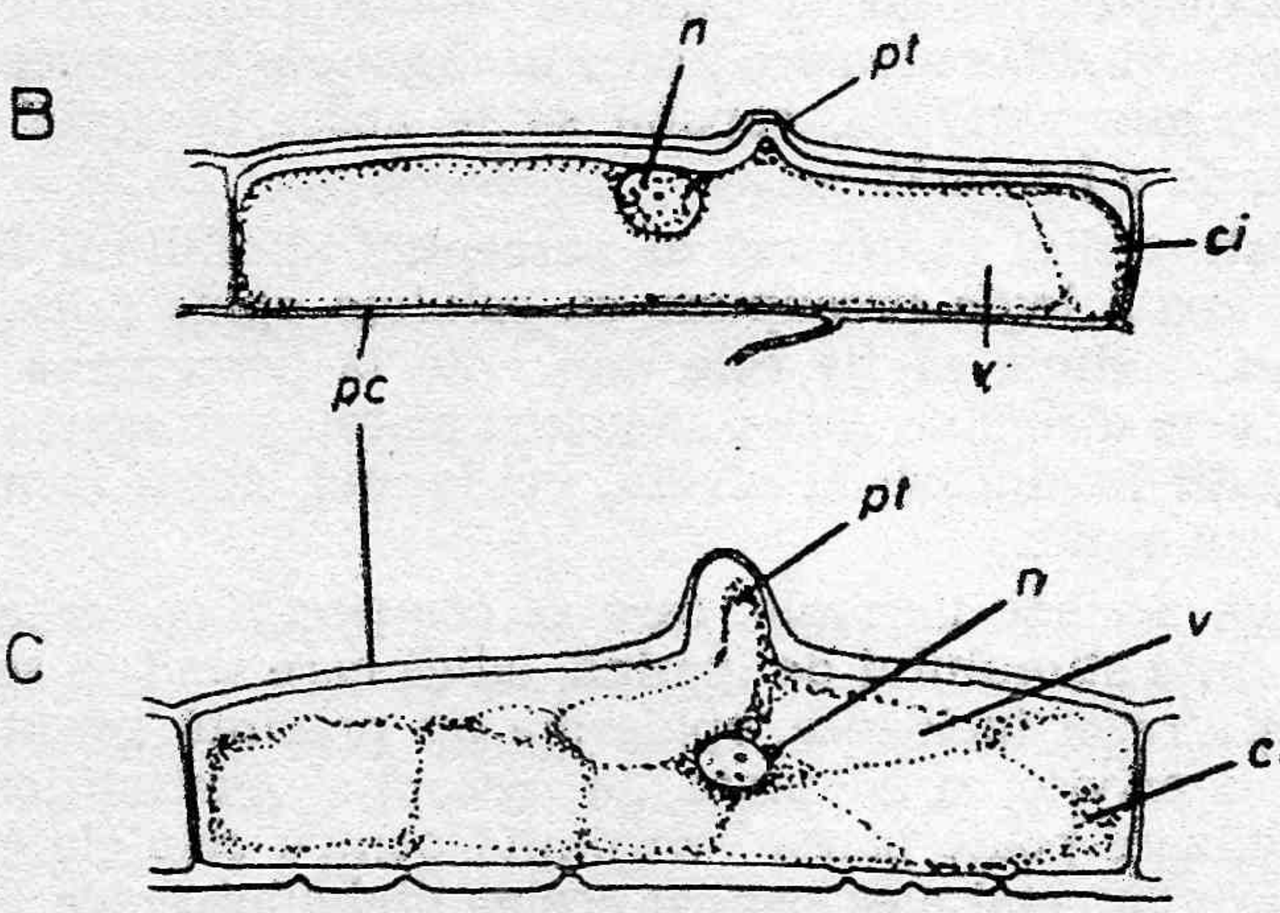


Fig. 82. *Papile „tactile" :*

A — Eccremocarpus scaber : a — papilă văzută din profil; *b* — partea terminală a cîrcelului; *B — Portulaca grandiflora*; *C — Opuntia vulgaris; ci* — citoplasmă; *gl* — globule lipidice; *n* — nucleu; *pc* — perete celular; *pl* — plastide; *pt* — papile tactile; *v* — vacuolă (*A :* după Tronchet; *B, C :* după Haberlandt)

la filamentele staminale de la *Opuntia vulgaris* (fig. 82, C) însă acestea, după excitare, se curbează totdeauna în aceeași parte, adică către stilul gineceului. În cele două cazuri peretele extern al celulei este net îngroșat în jurul bazei papilei, chiar dacă el este foarte subțire pe toată partea proeminentă, ceea ce duce la o deformare puternică sub influența unui șoc.

Un caz deosebit de interesant este acela al cîrceilor foliari de la *Eccremocarpus scaber*. Cîrceii foliolelor de la această liană sînt de mai multe ori ramificați și cele două ramuri ale ultimelor bifurcații sînt recurbate, cu vîrful ascuțit și îndreptate în aceeași direcție. Pe fețele inferioare și laterale (fața superioară fiind foarte redusă) ale acestor cîrcei se observă numeroase *papile* constituite dintr-o celulă emisferică sau lenticulară ; ele sînt sediul principal sau chiar exclusiv al sensibilității la excitații de șoc sau de frecare.

Peri și sete „tactile". Sînt structuri histologice capabile de tigmorecepție. Pot fi *peri* uni- sau pluricelulari și apendici mai rigizi numiți *sete*. Poziția foarte proeminentă a acestor formațiuni favorizează și mai mult capacitatea de excitabilitate cînd vin în contact cu un obiect solid. Unele dintre ele par a fi în același timp sediul recepției și al percepției stimulului ; altele se comportă mai degrabă ca pîrghii inerte, numite uneori stimulatori, ce se află prin baza lor în contact cu celulele senzoriale propriu-zise ; rolul lor pare a fi acela de a concentra într-un singur punct toată energia utilizabilă, derivată de la un șoc, intensificînd astfel deformarea citoplasmei celulelor sensibile.

c. *Organe (formațiuni) „optice"*. Acestea sînt dispozitive histologice susceptibile de a servi la perceperea excitațiilor luminoase, care declanșează reacțiile de curbură, fototropice sau fotonastice. Reacțiile de curbură arată că organele la care se manifestă sînt sensibile fie la inegalitate de iluminare a fețelor opuse, fie la o variație de direcție sau de intensitate a luminii incidente. Lungimea de undă a radiațiilor incidente exercită și ele o influență asupra curburilor fototropice ; s-a constatat că cea mai mare eficacitate o au radiațiile albastre ; deci în organele fotoreceptoare trebuie să existe un pigment galben, capabil să le absoarbă (este vorba de un carotenoid sau de o flavonă).

Cît privește sediul structural al percepției stimulului fototropic sau fotonastic, se poate logic presupune că *celulele epidermice*, prin poziția lor superficială, trebuie să fie cele mai apte la perceperea luminii incidente. Totuși, este dificil să găsim structuri histologice specializate în captarea de excitații luminoase la nivelul epidermei, adică formațiuni avînd realmente un rol optic.

În tulpinile aeriene normale, care se comportă ca organe paralelotropice în privința stimulului de lumină, adică care tind să se dispună paralel cu direcția razei incidente, epiderma nu prezintă trăsături de structură care pot fi privite ca adaptate la recepția excitațiilor luminoase. Această specializare poate părea verosimilă pentru celulele epidermei superioare a frunzelor, mai ales pentru acelea diaheliotropice (adică care își orientează limbul perpendicular pe direcția predominantă a luminii zilei), acesta fiind în special cazul multor plante de umbră. Această „ajustare" a poziției limbului în raport cu raza incidentă se efectuează printr-o torsiune a pețiolului sau datorită existenței pe acesta a unei zone *pulvinoide* (cu umflături motoare mai mult sau mai puțin diferențiate) ; în cazul pri-

melor frunze epicotilare de la *Phaseolus vulgaris*, „ajustarea“ spre lumină se face chiar cînd limbul este pus în condiţii de obscuritate, dacă pulvinulul este expus la lumină. Şi în acest caz funcţia de percepere este separată în spaţiu de locul unde se manifestă vizibil reacţia motoare.

Formaţiuni *„optice“* mai vizibil diferenţiate *(„ocelii“)* se află printre celulele obişnuite ale epidermei ; au o conformaţie foarte diferită şi par să

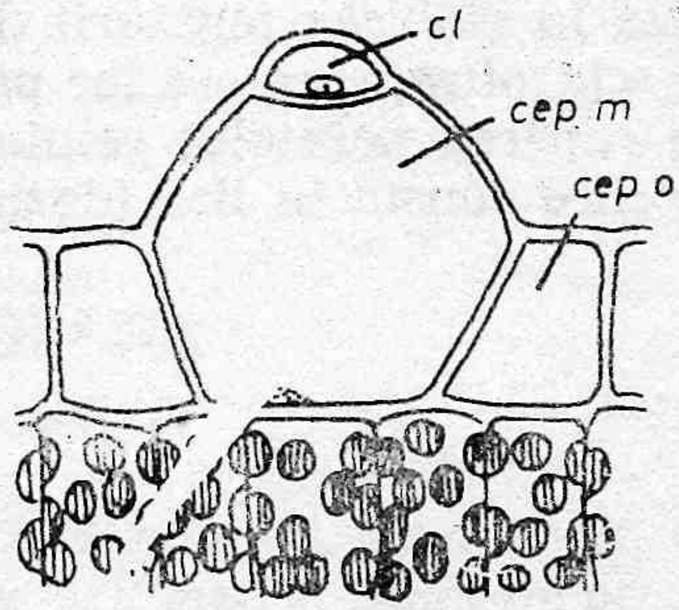


Fig. 83. Oceli sensitivi în epiderma frunzei de *Fittonia* sp. (văzuţi în secţiune) :
cep m — celulă epidermică mare; *cep o* — celulă epidermică obişnuită; *cl* — celulă lentilă (după Haberlandt).

fie mai specializate în recepţia stimulului de lumină. Cel mai cunoscut şi interesant exemplu de structuri de fotorecepţie localizată este acela al frunzelor de *Fittonia verschaffelti* (fig. 83). Printre celulele obişnuite ale epidermei superioare, care au pereţii externi plani, se observă un mare număr de celule mult mai mari, cu peretele extern foarte bombat ; pe fiecare din aceste celule se află cîte o altă celulă-lentilă minusculă, biconvexă. Conţinuturile celor două celule sînt foarte transparente, al celulei mici avînd un indice de refracţie ceva mai ridicat. Minuscula celulă lentilă apicală şi celula bazală mare, veziculiformă, constituie împreună un mic aparat „optic“ de o înaltă eficacitate. Funcţia de „lentilă“, foarte net realizată în acestă formaţiune, ca şi în alte tipuri de celule epidermice descrise mai înainte, ar putea constitui primul stadiu al unui lanţ de procese a căror rezultat va fi o mişcare fototropică sau fotonastică, executată de către peţiol şi care restabileşte poziţia de echilibru a limbului foliar în funcţie de factorul lumină.

3.5.7.2. ŢESUTURI DE SEPARAŢIE

Un alt ţesut special este *ţesutul de separaţie* sau de *detaşare* a organelor. Acesta apare odată cu încetarea funcţiei unui organ, a distrugerii din cauza unor factori climatici sau provocată de unii paraziţi.

Ţesutul de separaţie se diferenţiază de timpuriu şi atunci el este de natură primară, deoarece se formează odată cu celelalte ţesuturi, sau de natură secundară cînd se formează cu puţin timp înainte de detaşarea organului respectiv. Aceasta reprezintă un caracter de adaptare, avînd rol numai în detaşarea organelor şi funcţionează fie *activ*, datorită unor procese fizice şi chimice care au loc în zona respectivă, fie *pasiv*, cînd au loc acţiuni mecanice (presiune, lovire, tracţiune) produse de ţesuturile vecine sau de o forţă externă. La detaşarea frunzelor, de exemplu, înainte ca

acestea să cadă, se formează la bază o zonă în care țesuturile de susținere se reduc, iar celulele sînt bogate în citoplasmă și se formează țesutul de separație. La nivelul acesta, în vasele lemnoase apar tile, iar frunza este reținută de tulpină numai prin vase. Odată cu detașarea organului se formează o zonă de protecție, prin suberificarea pereților celulelor.

Procesul de detașare sau separare are loc sub diverse forme : *tekoliza*, care constă în slăbirea legăturii dintre celule, în urma dizolvării lamelei mijlocii ; *schizoliza*, care are loc prin despicarea lamelei mijlocii ; *rexoliza*, care este ruperea peretelui celular în direcția suprafeței de separare ; *histoliza*, care constă în liza (dezintegrarea) structurilor celulare.

Capitolul 4

ORGANOGRAFIA

În acest capitol se prezintă părţile componente ale plantei, denumite *organe*, arătîndu-se morfologia, structura, originea şi funcţiile acestora.

Prin *organ* se înţelege o parte componentă a unei plante de formă caracteristică, constituită din complexe de ţesuturi şi care îndeplineşte funcţii speciale.

Activitatea fiecărui organism este dirijată în două direcţii, nutriţie şi reproducere. Activitatea de nutriţie permite organismelor să se menţină în viaţă şi este îndeplinită de *organe vegetative*, care sînt alcătuite din celule somatice. Activitatea de reproducere asigură continuitatea formelor vii şi este îndeplinită de *organe reproducătoare* sau de reproducere, din care se dezvoltă elementele ce au acest rol şi anume celulele reproducătoare sexuate şi asexuate. Organele vegetative şi reproducătoare se deosebesc între ele nu numai prin funcţie, dar şi prin morfologia şi structura acestora.

Organele plantelor, cu cît devin mai specializate, mai perfecţionate şi îndeplinesc una sau mai multe funcţii speciale, cu atît devin tot mai mult dependente unele de altele şi nu pot trăi decît în strînsă legătură, formînd astfel un tot unitar.

Organele vegetative şi reproducătoare se caracterizează prin unele trăsături comune cum sînt : polaritatea, simetria, orientarea în spaţiu, regenerarea. Toate acestea, sub influenţa mediului pot suferi o serie de modificări, care în final pot deveni ereditare.

4.1. POLARITATEA

Atît la plantele inferioare, cît şi la cele superioare, precum şi la părţile componente ale acestora din urmă (rădăcina, tulpina, frunza) se întîlneşte *polaritatea*. Prin polaritate se înţelege deosebirea morfologică şi mai cu seamă fiziologică între bază şi vîrf. Prin urmare, la plante se deosebeşte o parte bazală şi una apicală, care mai poartă denumirea de *pol bazal* şi *pol apical*.

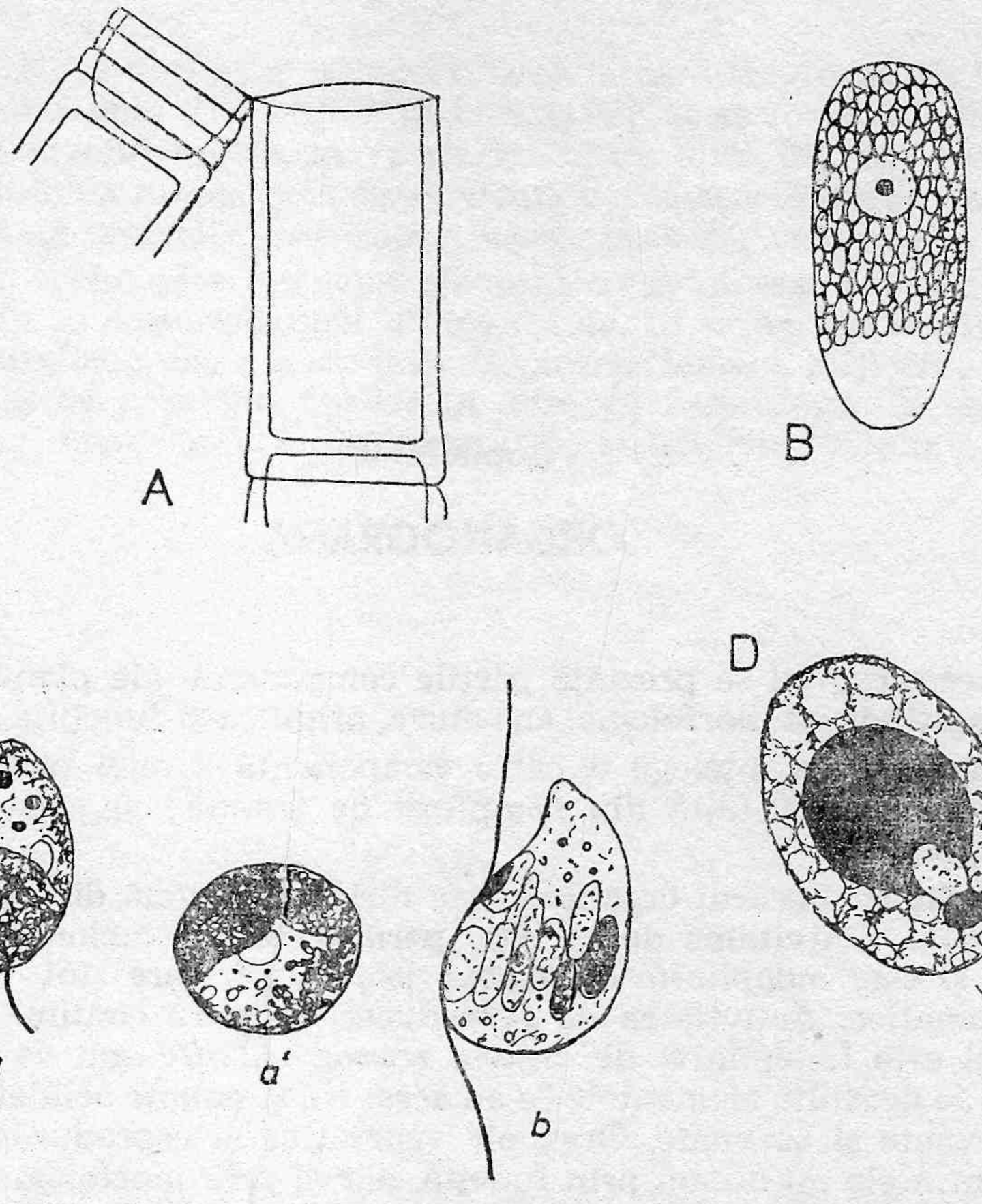


Fig. 84. Diferențierea polară la *Oedogonium* sp. (*A*, *B*), *Chorda filum* (*C* : *a*, *a'*) și *Ectocarpus globifer* (*C* : *b*) și *Allomyces juvanicus* (*D*); *C*(*b*) — zoosporii; *D* — planozigot (după Strasburger).

Zoosporii algelor verzi și brune, precum și ai ciupercilor prezintă o asemenea diferențiere polară (fig. 84). De obicei zoosporii unicelulari se prind de substrat cu polul apical, din care se diferențiază mai tîrziu taluri filamentoase, la care polul de fixare devine formațiunea de adeziune sau rizoidul. Aceasta are loc astfel deoarece de la prima diviziune celulară, ce urmează după fixare, fusul mitotic este orientat perpendicular față de planul de fixare. Se formează deci o plantulă filamentoasă, fixată unilateral, ale cărei celule se divid în mod uniform, toate fiind echivalente. Deci prin fixarea zoosporului cu polul apical de substrat, acesta devine apoi polul bazal, din care se dezvoltă rizoizi cu rol de fixare. În ce privește polul bazal, acesta proeminează în mediul înconjurător și prin diviziuni succesive devine polul apical, din care se formează organismul respectiv, uniserial sau poliserial.

De o polaritate se poate vorbi chiar și la fiecare celulă în parte. Astfel, trebuie presupus că înseși structurile celulare nu sînt dispuse uniform. În timpul diviziunii, fiecare nou perete celular transversal împarte celula

mamă în două celule-fiice inegale. Dintre acestea, celula apicală are puterea cea mai mare de diviziune, iar cea bazală nu mai poate executa decît un număr limitat de diviziuni și acestea numai după un repaos mai mult sau mai puțin îndelungat sau după o perioadă de regenerare.

Polaritatea se manifestă de la primele diviziuni ale celulei, care se remarcă prin dispunerea fusului nuclear și a pereților de diviziune; această dispunere este datorată, se pare, direcției de migrare a auxinelor (hormoni de creștere) de la polul distal (vîrf) spre polul bazal.

La celulele uninucleate de la *Sphacelariaceae* (alge brune) se observă o diferențiere polară a plasmei în celulele mai mari, dispuse în vîrful talului. La acestea se constată că plasma situată apical este mai intens colorată datorită depunerii substanței „fucosan“ (de natura taninului și cu o nuanță brună) față de zona bazală a celulei (fig. 85, A, B).

Polaritatea se întîlnește atît la formele *libere* (ca de exemplu la *Chlamydomonas*, *Euglena* ș.a.), care se mișcă cu ajutorul flagelului inserat la polul apical denumit și pol anterior, cît și la formele *sesile*, fixate cu polul bazal de substrat.

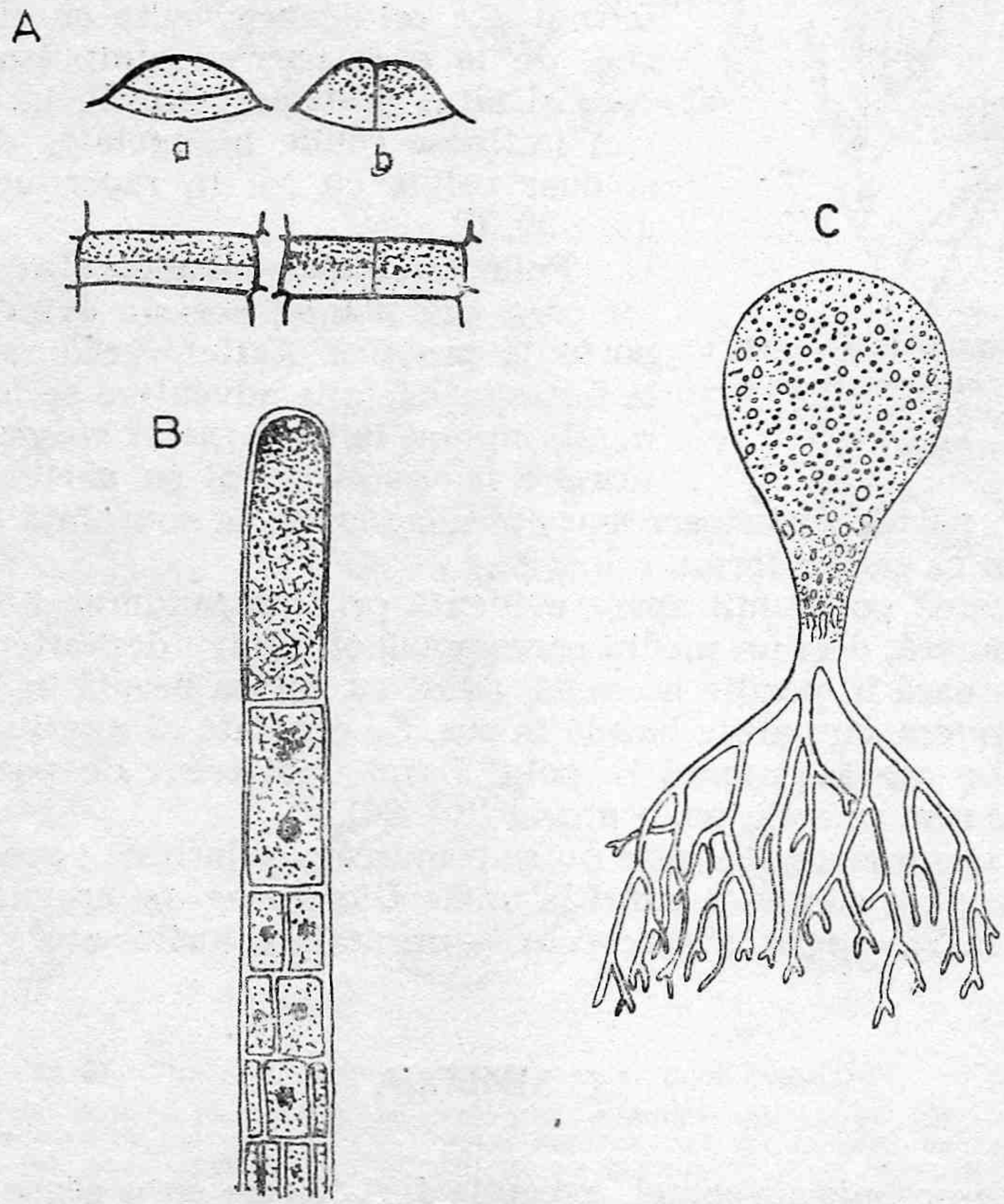


Fig. 85. Polaritate (*A*) și diferențiere polară (*B*, *C*):
a — celulă în diviziune transversală; *b* — celulă în diviziune longitudinală (după S t r a s b u r g e r). *B* — *Sphacelaria racemosa*; *C* — *Botrydium granulatum*.

La *Botrydium granulatum* (fig. 85, C) (algă verde inferioară, dintre *Heterosiphonales)*, care trăieşte pe nămoluri, se constată, de asemenea, fenomenul de polaritate. Alga este unicelulară, de circa 2 mm mărime, cu aspect veziculiform ; ea conţine numeroşi nuclei, precum şi mai mulţi cromatofori disciformi. Acest organism prezintă o parte inferioară, de aspectul unei rădăcini ramificate şi care constituie aşa-numitul rizoid, cu care se fixează de substrat şi care reprezintă polul bazal ; partea superioară, asimilatoare, constituie polul apical şi este de aspect veziculiform. La această algă se întîlneşte aşa-numitul tip de *celoblast*, adică un organism cu structură intermediară între plantele unicelulare şi cele pluricelulare.

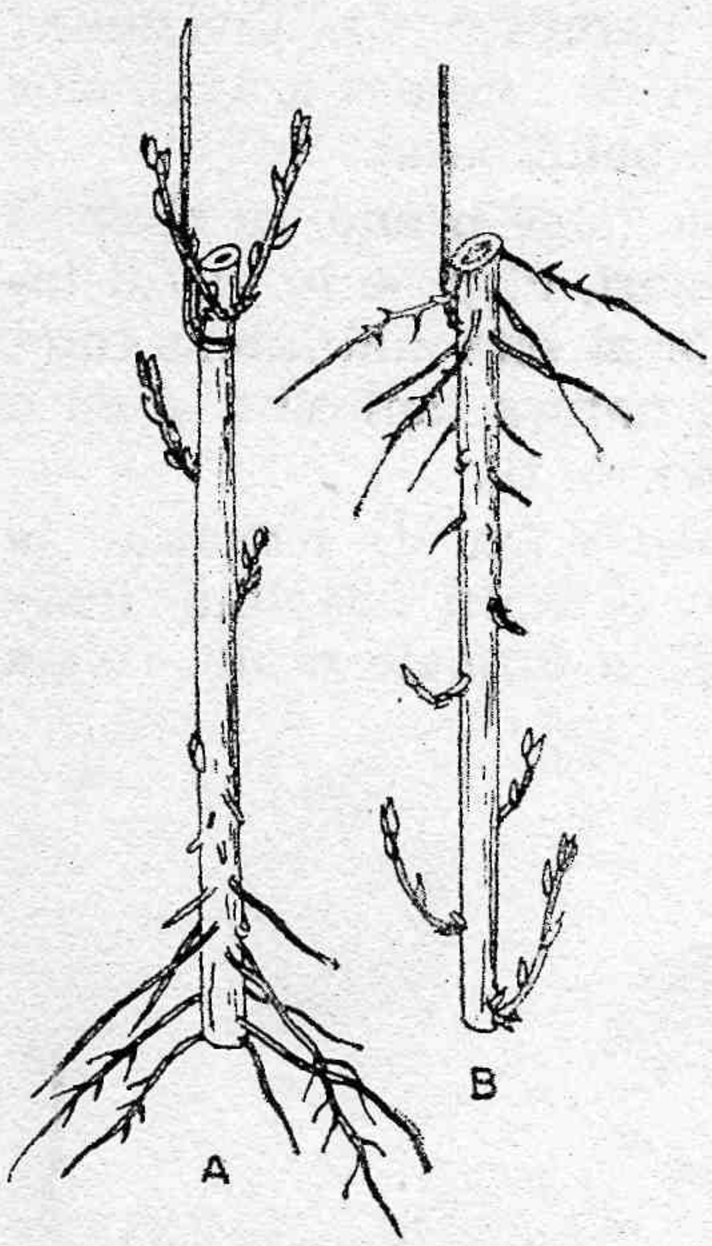


Fig. 86. Ramuri de *Salix* sp. : *A* — în poziţie normală ; *B* — în poziţie inversă (după Strasburger).

Un alt exemplu de polaritate întîlnim la talul diferenţiat de la *Volvox* (algă verde). Acesta este o colonie de formă sferică, care reprezintă o unitate funcţională evoluată, deoarece se comportă ca un tal pluricelular. Întreaga colonie cu aspect sferic este caracterizată prin prezenţa a doi poli : unul anterior, format din celule prevăzute cu cîte doi flageli, de la care porneşte impulsul de mişcare şi altul posterior (bazal), la care nu se mai întîlnesc celule biflagelate, de mişcare, ci doar celule cu rol în reproducere (v. figura 20, D).

Polaritatea este caracteristică şi anumitor părţi din plantă, aceasta avînd mare importanţă practică. Astfel, grădinarii ştiu că la butaşi rădăcinile adventive se formează de regulă numai la bază *(polul rizogen)* şi drept urmare îi aşează în sol cu partea inferioară sau bazală ; partea superioară sau apicală rămîne la suprafaţă *(polul caulogen)* şi din ea se vor forma tulpinile.

Stabilitatea polarităţii apare evidentă prin suspendarea liberă a unei plante în cameră, deci un mediu corespunzător pentru dezvoltare. Una din ramuri se aşează în poziţie normală, adică cu partea bazală în jos, iar cea de-a doua invers, cu partea bazală în sus. Se constată că apariţia rădăcinilor adventive are loc numai la polul bazal, indiferent de poziţia lor în spaţiu, iar a ramurilor la polul apical (fig. 86).

Există şi organisme la care nu se remarcă o polaritate ; acestea se numesc *apolare*, aşa cum este cazul la unele *Diatomeae* (şi anume la grupul *Centricae*), la *Spirogyra*, *Protococcus* — verzeala zidurilor etc.

4.2. SIMETRIA

La orice organism vegetal, excepţie făcînd cele cu o organizaţie simplă, se poate constata existenţa anumitor raporturi de simetrie, dacă se ţine seama de forma, structura, funcţia şi direcţia de creştere.

Simetria nu este altceva decît posibilitatea pe care o prezintă organele de a putea fi împărţite în două sau mai multe părţi identice prin planurile de simetrie. Se deosebesc trei tipuri de simetrie : radiară, bilaterală şi dorsoventrală.

Simetria radiară se caracterizează prin prezenţa mai multor planuri, toate trecînd prin axa longitudinală. Fiecare plan împarte organul respectiv în două părţi mai mult sau mai puţin egale, simetrice, care sînt numite *enantiomorfe*, deoarece sînt nesuperpozabile, la fel ca imaginea unui obiect în oglindă, la care stînga este dreapta şi dreapta este stînga. Organele care prezintă o astfel de simetrie se înseamnă cu * ; se întîlneşte şi la unele plante inferioare, de exemplu la ciuperci, iar la plantele superioare se întîlneşte îndeosebi la organele de formă cilindrică, cum sînt rădăcinile şi tulpinile [ex. *Picea, Abies, Triticum, Ranunculus* (fig. 87, A) ş.a.], apoi la multe flori (numite actinomorfe), ca de exemplu la *Solanum, Capsicum* (ardei), *Lycopersicum* (roşii), *Sedum* (iarba de şoaldină)

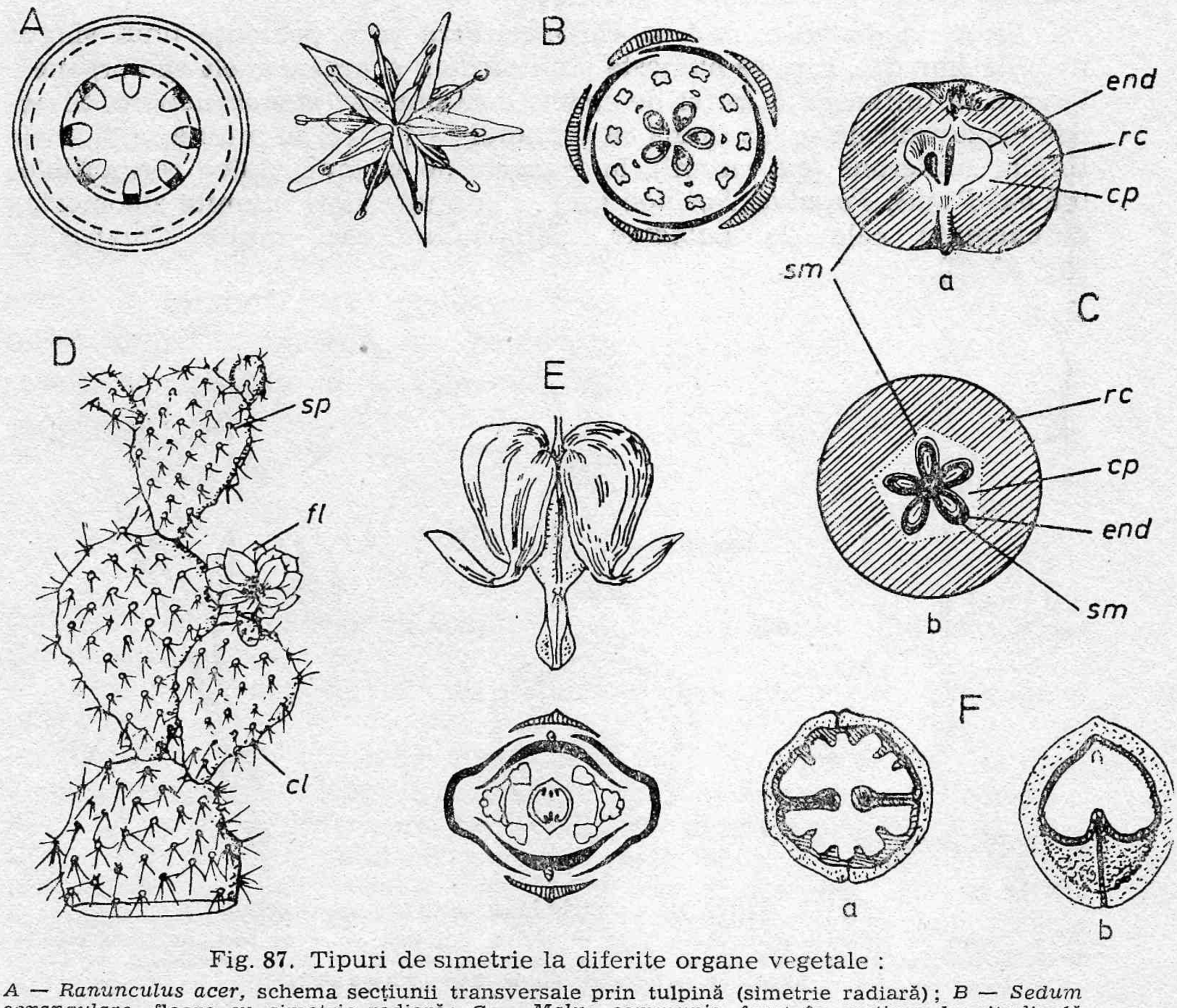


Fig. 87. Tipuri de simetrie la diferite organe vegetale :

A — Ranunculus acer, schema secţiunii transversale prin tulpină (simetrie radiară); *B — Sedum sexangulare,* floare cu simetrie radiară; *C — Malus communis,* fruct în secţiune longitudinală (*a*) şi transversală (*b*); *D — Opuntia sp.,* cladodiu (organ bisimetric); *E — Dicentra spectabilis,* floare cu simetrie bilaterală; *F — Juglans regia,* drupă în secţiune transversal-mediană (*a*) şi longitudinală (*b*); *cl* — cladodiu; *cp* — carpelă; *end* — endocarp; *fl* — floare; *rc* — receptacul; *sm* — sămînţă; *sp* — spini (*A :* după M. Răvăruţ şi E. Turenschi; *B, D, E, F :* după Strasburger; *C :* după I. Grinţescu).

(fig. 87, B), *Narcissus* (zarnacadea) *Tulipa gesneriana* (lalea) ş.a., la multe fructe, cum ar fi cele de *Malus* (fig. 87, C), *Pyrus* şi la unele seminţe.

Simetria bilaterală se caracterizează prin prezenţa o două planuri perpendiculare unul pe altul ; are simbolul ·|· şi întotdeauna organele sau fragmentele de organe caracterizate printr-o astfel de simetrie prezintă fie o parte dreaptă şi una stîngă, fie o parte anterioară şi una posterioară. Această simetrie se întîlneşte la tulpinile modificate ale cactaceelor ; drept exemplu citäm speciile de *Opuntia,* care prezintă două tipuri de simetrie şi anume : ramurile de la bază sînt radiar simetrice, iar ramurile modificate, denumite cladodii, sînt bilateral-simetrice sau bisimetrice (fig. 87, D).

Tot o simetrie bilaterală prezintă şi unele flori, ca de exemplu cele de la *Dicentra spectabilis* (cerceluş) (fig. 87, E), sau seminţe, ca de exemplu cele de la *Juglans regia* (fig. 87, F).

Simetria dorsoventrală se caracterizează prin prezenţa unui singur plan de simetrie, care se numeşte *plan median* şi organismele sau organele la care se întîlneşte o astfel de simetrie se numesc *monosimetrice*. Simetria dorsoventrală se înseamnă cu simbolul ·↑· şi se întîlneşte la unele tulpini subterane (ex. rizomi), la frunzele de la majoritatea cormofitelor (de ex. *Fagus, Populus, Syringa* ş.a.) şi la multe flori (numite zigomorfe), de exemplu cele de *Labiatae, Scrophulariaceae,* multe *Compositae* (fig. 88, B).

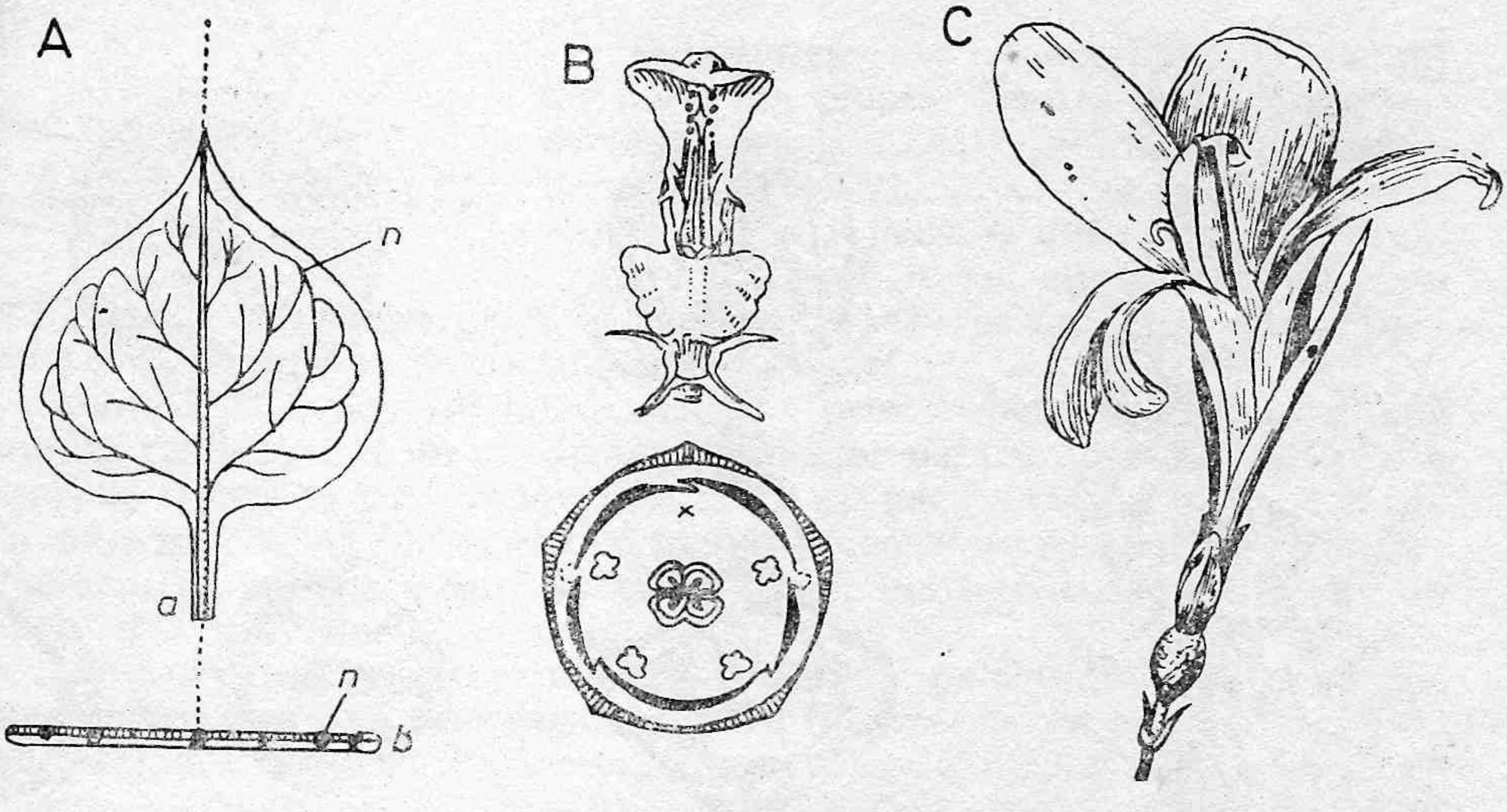


Fig. **88.** Tipuri de simetrie la diferite organe vegetale :
A — frunză cu simetrie dorsoventrală (*a* — văzută din faţă; *b* — *în* secţiune transversală); *B* — floare de *Lamium album,* cu simetrie dorsoventrală; *C* — floare asimetrică de *Canna indica; n* — nervuri (după Strasburger).

De menţionat, că unul şi acelaşi organ, trăind în condiţii diferite de mediu, prezintă forme de simetrie de asemenea diferite. Ca exemplu pot fie date frunzele de la *Allium cepa* : cele aeriene sînt radiar-simetrice, iar cele ale bulbului sînt monosimetrice.

Unele organe sau organisme nu prezintă deloc simetrie şi atunci se numesc *asimetrice*, aşa cum sînt spre exemplu frunzele de *Begonia sp.*, *Ulmus effusa* (ulm), *U. foliacea*, *Tilia tomentosa* (tei alb) sau florile de *Canna indica* (belşiţa) (fig. 88, C) etc.

4.3. REGENERAREA

O altă caracteristică comună plantelor este regenerarea, prin care se înţelege tendinţa anumitor părţi distruse de a se reface, aceasta datorită omnipotenţei celulelor parenchimatice de a deveni din nou meristematice. În general, fragmente sau părţi din rădăcină sau frunză, denumite butaşi, puse în condiţii corespunzătoare unei dezvoltări normale pot regenera un individ nou, cu toate organele plantei de la care provine (fig. 89). Regenerarea se poate obţine şi în condiţii de laborator, din celule izolate sau fragmente de ţesuturi, care conduc la organisme complet dezvoltate, ceea ce demonstrează transmiterea în întregime a informaţiei genetice.

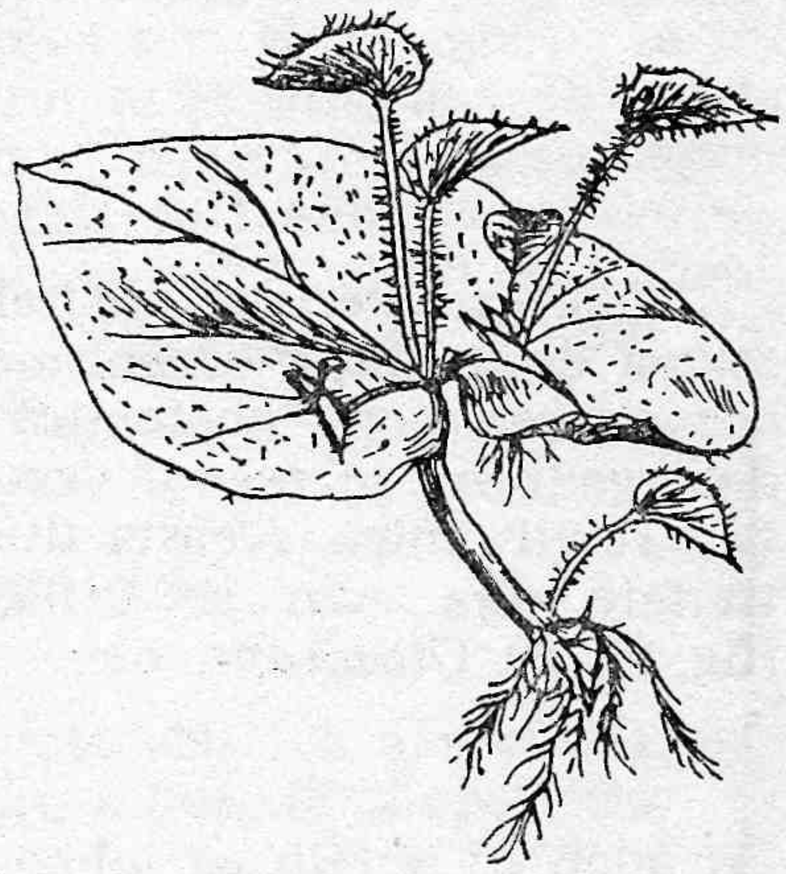


Fig. 89. Butaş de frunză la *Begonia* sp. (după Strasburger).

4.4. ORIENTAREA ÎN SPAŢIU

Orientarea organelor în spaţiu reprezintă, de asemenea, o caracteristică comună a plantelor.

Ţinînd seama de direcţia de creştere se deosebesc organe ortotrope şi plagiotrope.

Organele *ortotrope* cresc drept, fie în sus, fie în jos şi prezintă o simetrie radiară sau bilaterală. Direcţia aceasta de creştere se manifestă şi la grupe de plante inferioare, ca de exemplu la unele alge verzi de tipul *Chara*, care prezintă talul cu o poziţie verticală în apă. Asemănător se prezintă şi unele alge brune, cum sînt *Fucus*, *Cystoseira*, care au şi dimensiuni mai mari. Organele *plagiotrope* cresc orizontal sau oblic faţă de direcţia gravitaţiei. Aceste organe se caracterizează de obicei printr-o simetrie dorsoventrală, ca la frunze, sau chiar radiară, ca la rizomi, stoloni. Şi în cazul acestei direcţii de creştere pot fi date exemple din grupul plantelor inferioare, la care se constată taluri mari, ce cresc orizontal în apele mărilor sau oceanelor ; un exemplu edificator îl constituie *Macrocystis pyrifera*, o algă brună ce creşte în apele Oceanului Pacific şi al cărei tal se întinde pe lungimi foarte mari, de sute de metri.

Acropetalia constă în dezvoltarea axelor laterale succesiv, iar acrotonia este „promovarea“ ramurilor de la vîrf, adică acelea sînt mai dezvoltate în comparaţie cu cele de la bază.

Dezvoltarea predominantă a ramificaţiilor laterale în partea mijlocie poartă numele de mesotonă.

Bazipetalia se caracterizează prin dezvoltarea axelor laterale de la vîrf spre bază (de exemplu ramurile la trunchiul arborilor), iar bazitonia este „promovarea“ ramurilor de la bază.

Epitonia (epitropia) se întîlneşte la organele laterale dorsoventrale şi este caracteristică prin aceea că partea superioară sau ventrală este mai dezvoltată, iar hipotonia (hipotropia) cînd partea inferioară este mai masivă, mai dezvoltată.

4.5. TALUL

Este caracteristic plantelor inferioare denumite *Thallophyta*. Ţinînd seama de evoluţia organismelor vegetale în general se poate urmări şi dezvoltarea morfo-anatomică a plantelor. Ca atare, forma cea mai simplă de organizare în regnul vegetal o reprezintă *talul sferic*, avînd o suprafaţă relativ mică, aceasta fiind un caracter de inferioritate sau de primitivitate, aşa cum se întîlneşte spre exemplu la *Chlorella vulgaris* (fig. 90, A), *Gloeocapsa* etc.

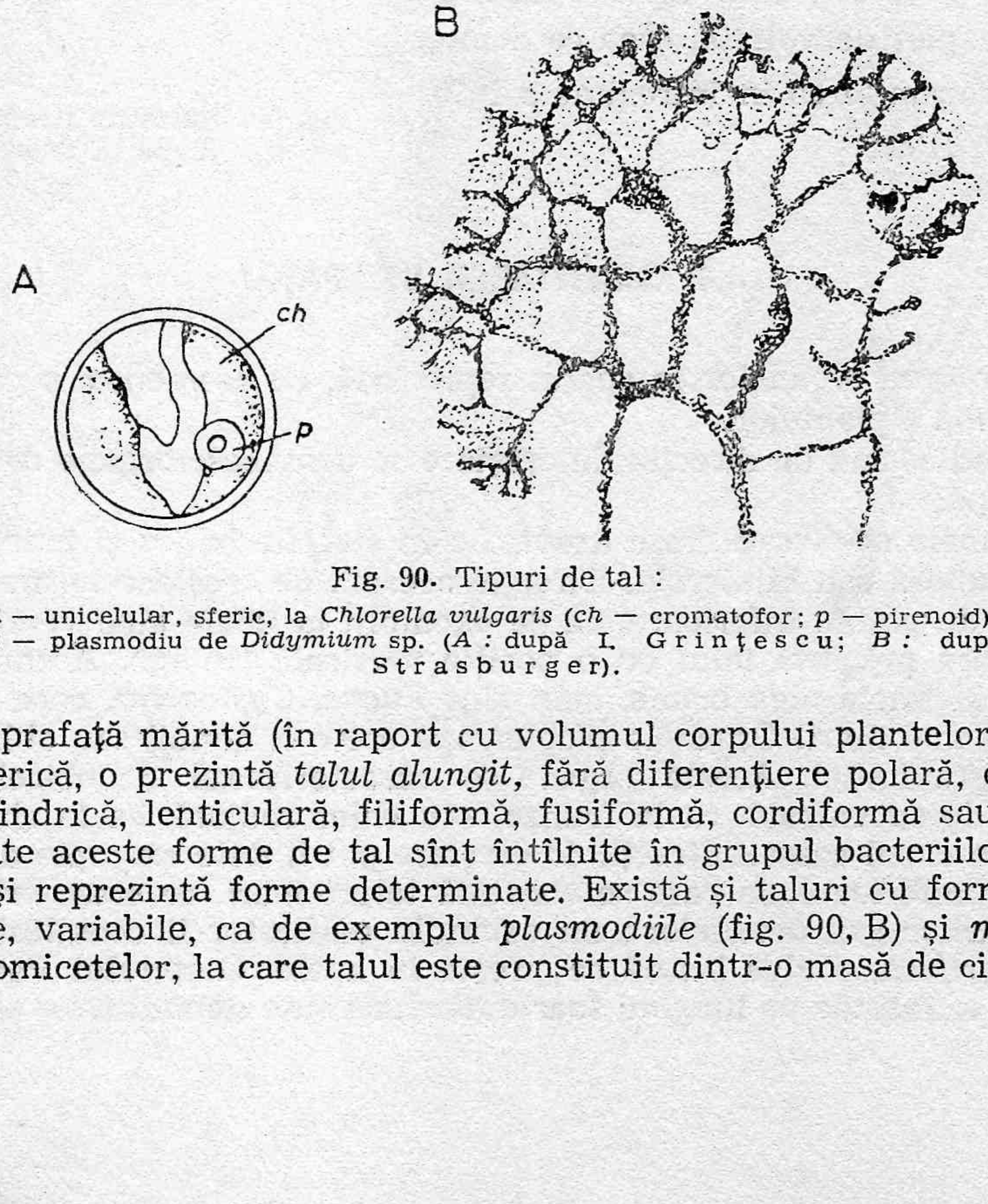


Fig. 90. Tipuri de tal :
A — unicelular, sferic, la *Chlorella vulgaris* (*ch* — cromatofor; *p* — pirenoid);
B — plasmodiu de *Didymium* sp. (*A* : după I. Grinţescu; *B* : după Strasburger).

O suprafaţă mărită (în raport cu volumul corpului plantelor) faţă de forma sferică, o prezintă *talul alungit*, fără diferenţiere polară, de formă ovală, cilindrică, lenticulară, filiformă, fusiformă, cordiformă sau helicoidală. Toate aceste forme de tal sînt întîlnite în grupul bacteriilor şi ciupercilor şi reprezintă forme determinate. Există şi taluri cu forme nedeterminate, variabile, ca de exemplu *plasmodiile* (fig. 90, B) şi *mixamoebele* mixomicetelor, la care talul este constituit dintr-o masă de citoplasmă

care nu este delimitată de un perete celular și prezintă mai mulți nuclei.

În afară de tal alungit, fără diferențiere polară, mai există și tal cu diferențiere polară, adică care prezintă un vîrf și o bază ; acest tip de tal poate fi considerat ca fiind mai diferențiat, mai evoluat.

Organismele libere prezintă polul anterior prevăzut cu organite locomotorii, ca *cilii* și *flagelii*, iar organismele fixate de substrat poartă la polul bazal organite sau organe fixatoare, ca de exemplu *apresoare, crampoane, rizoizi.*

Talurile filamentoase și în *formă de cordoane* cresc fie apical, adică spre vîrf, fie prin zone intercalare, situate între vîrf și bază.

Un alt tip de tal este *talul lamelar*, care poate fi în întregime sau numai în parte turtit. La acesta, suprafața relativă este și mai mare ; se întîlnește la o parte din algele verzi, ca de exemplu la *Ulva lactuca* (salata de mare), la *Enteromorpha* (fig. 91, A) (cu talul neramificat și cu suprafața cutată), la algele brune, cum este spre exemplu *Laminaria sacharina*, la algele roșii, cum este spre exemplu *Delesseria* (fig. 91, C), la licheni, cum este de exemplu *Xanthoria parietina* și la mușchii din grupul *Hepaticae*.

4.5.1. RAMIFICAREA TALULUI

Talurile se pot ramifica și astfel suprafața relativă a acestora este mult sporită, realizîndu-se o mai bună folosire a luminii și spațiului.

Ramificarea poate fi *dichotomică*, cînd vîrful se divide în două ramuri în formă de furcă, iar fiecare din ele se divid din nou în cîte două ramuri, situate în același plan ; în acest fel multiplicarea se face neîntrerupt, ca de exemplu la alga brună *Dictyota dichotoma*. În cazul acestui tip de ramificare, celula inițială apicală din vîrful talului se divide în două celule egale și din fiecare se formează ramificații identice.

Se cunosc taluri cu o ramificație *laterală* (racemoasă), la care există un ax principal pe care se formează celule inițiale laterale, din care se diferențiază ramuri lungi și ramuri scurte ; ramurile cele mai apropiate de vîrf sînt cele mai tinere și mai scurte. O astfel de ramificare o întîlnim, spre exemplu, la alga verde *Cladophora* (fig. 91, D).

Există unele talofite la care evoluția se accentuează și prin articularea talurilor. Astfel, la *Chara fragilis* talul ramificat este și articulat, prezentînd noduri la care sînt dispuse ramuri în verticil și internoduri (fig. 92, A). Aspectul particular pe care-l prezintă, face ca acest gen să fie asemănător cu *Equisetum* dintre pteridofite.

Tipurile de ramificare care au fost descrise sînt numite *veritabile*. Există însă în grupul talofitelor și organisme care prezintă ramificații false sau *pseudoramificații*, cînd filamentul se rupe, iar cele două părți ale filamentului rămase libere continuă creșterea deodată ; în unele cazuri numai una din cele două ramuri continuă să crească. Acest tip de ramificație se întîlnește la bacterii și alge albastre (fig. 92, C, D).

La organisme mai evoluate se întîlnește un *tal divizat* ca o frunză ; mai tîrziu acesta se desface în mai mulți lobi, ca de exemplu la unele alge brune cum ar fi *Laminaria digitata, L. hyperborea* (fig. 92, E), *Ma-*

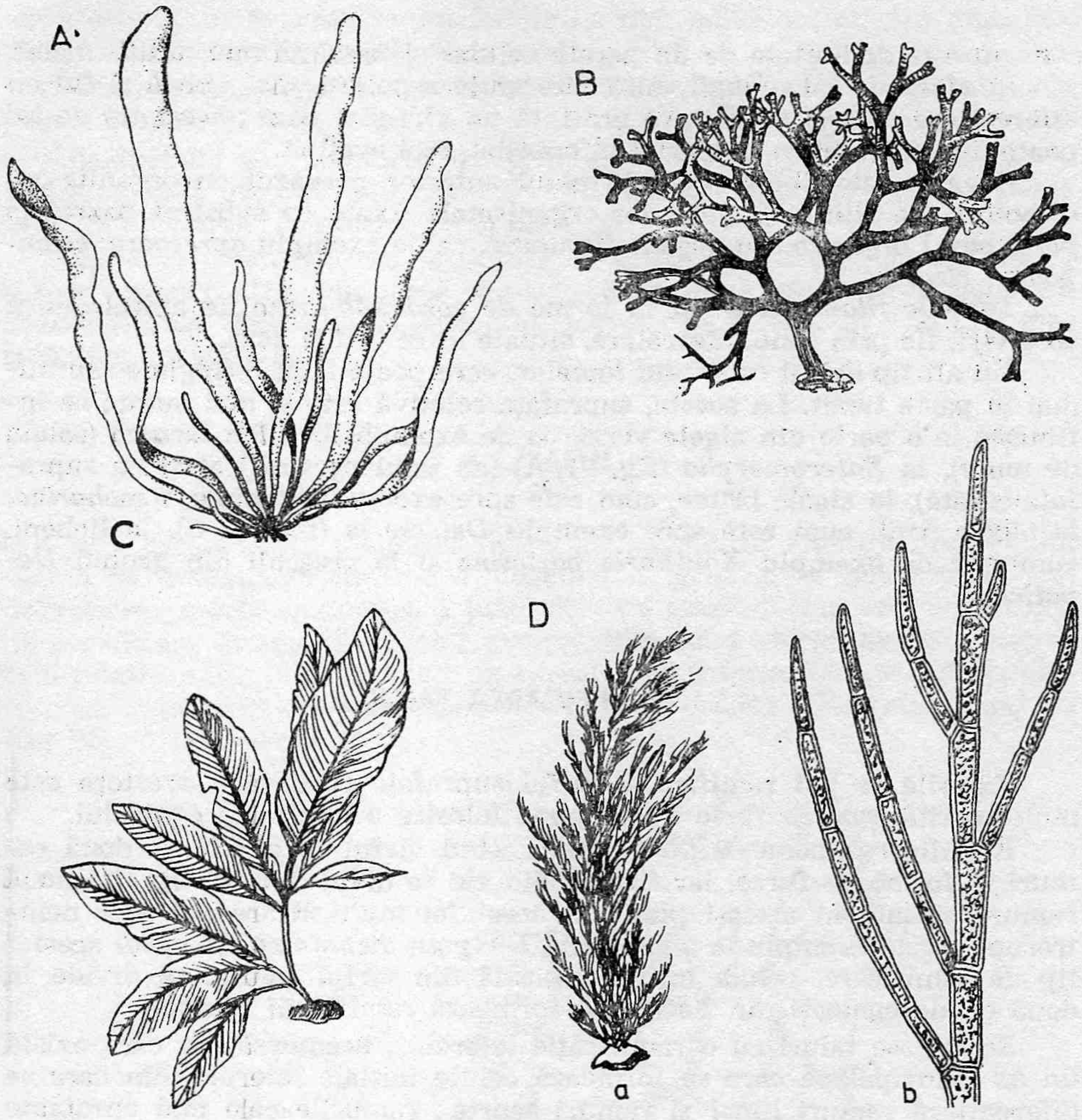


Fig. **91.** Tipuri de tal :
A — Enteromorpha sp.; *B — Dictyota dichotoma; C — Delesseria sanguinea; D — Cladophora* **sp.** (*a* **— habitus; b — fragment dintr-un filament, cu ramificaţii laterale**) (*A—C :* după S t r a s b u r g e r; *D :* după S t r a s b u r g e r şi S c h m e i l).

crocystis şi la unele alge verzi din grupul *Siphonales*, ca de exemplu *Caulerpa* (fig. 92, B).

De asemenea, un tal mult ramificat se întîlneşte şi la reprezentanţi din grupul *Rhodophyta* (alge roşii), ca de exemplu la *Delesseria sanguinea*, la care diferenţierea morfologică a talului ne aminteşte de cea a cormofitelor. La această plantă se întîlneşte o parte bazală *rizoidală* (crampon), cu care se fixează de substrat, după care urmează o parte de formă cilindrică, cu aspect de tulpină, denumită *cauloid*, din care se desprind ramuri laterale în formă de frunze, numite *filoizi* (fig. 91, C). Toate aceste organe (rizoid, cauloid, filoid) sînt analoage cu rădăcina, tulpina şi frunza de la *Cormophyta*, întîlnindu-se şi la unele alge brune *(Laminaria, Fucus* ş.a.).

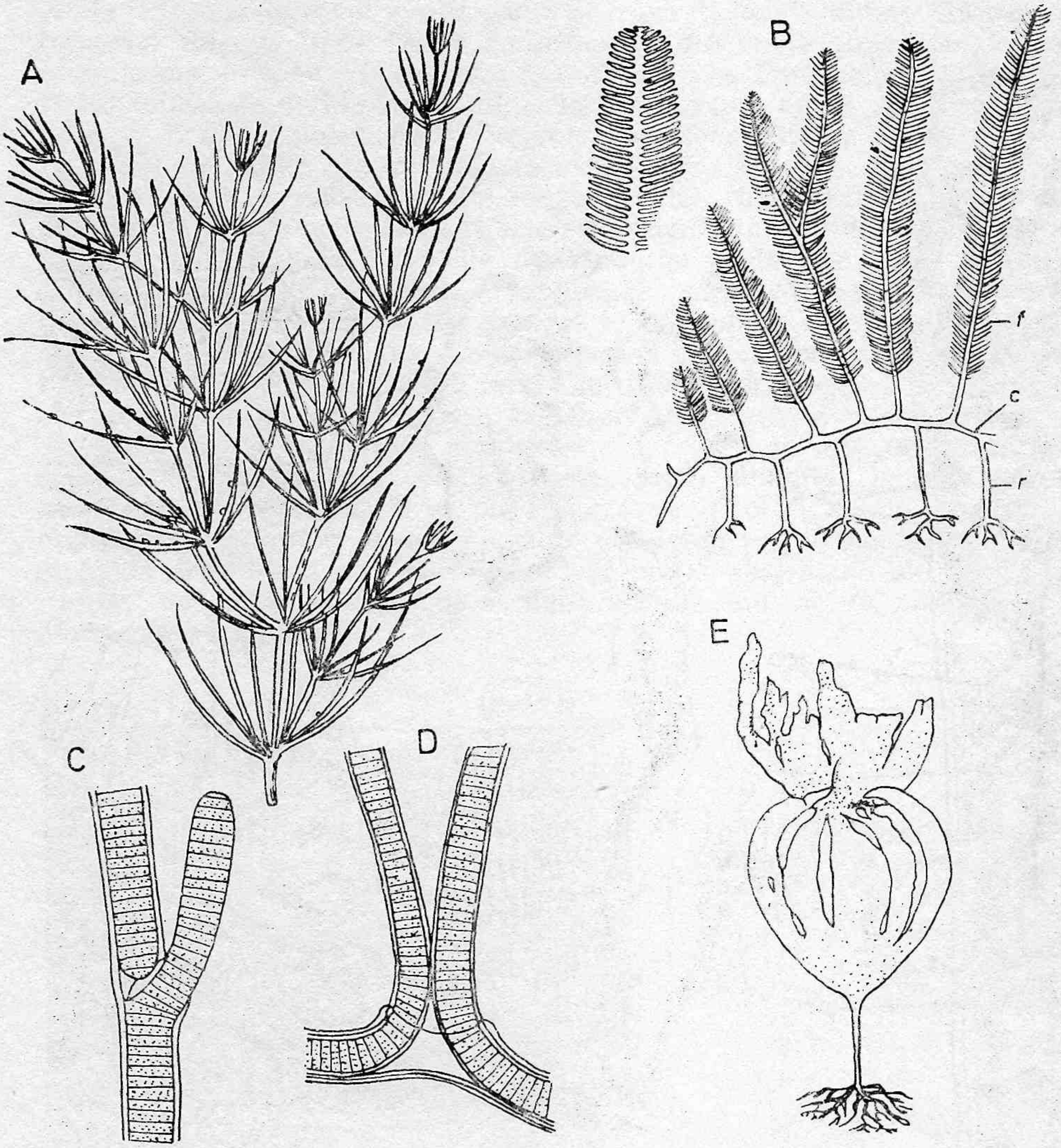


Fig. 92. Tipuri de tal :

A — Chara fragilis (tal articulat, format din „noduri" și „internoduri"); *B — Caulerpa sertularioides* (tal diferențiat); *C — Plectonema wollei; D — Plectonema tomasianum* (pseudoramificații); *E — Laminaria hyperborea* (în partea apicală se observă un rest de tal din anul precedent); *c* — cauloid; *f* — filoid; *r* — rizoid (*A* : după M. Răvăruț și colab.; *B—E* : după Strasburger).

4.5.2. STRUCTURA TALULUI

În ceea ce privește structura talului, acesta este alcătuit din celule nediferențiate (asemănătoare), așa cum este spre exemplu talul filamentos de la *Spirogyra* (fig. 93, A). La *Enteromorpha* talul este constituit din două straturi de celule, deci este bistratificat. O primă diferențiere apare

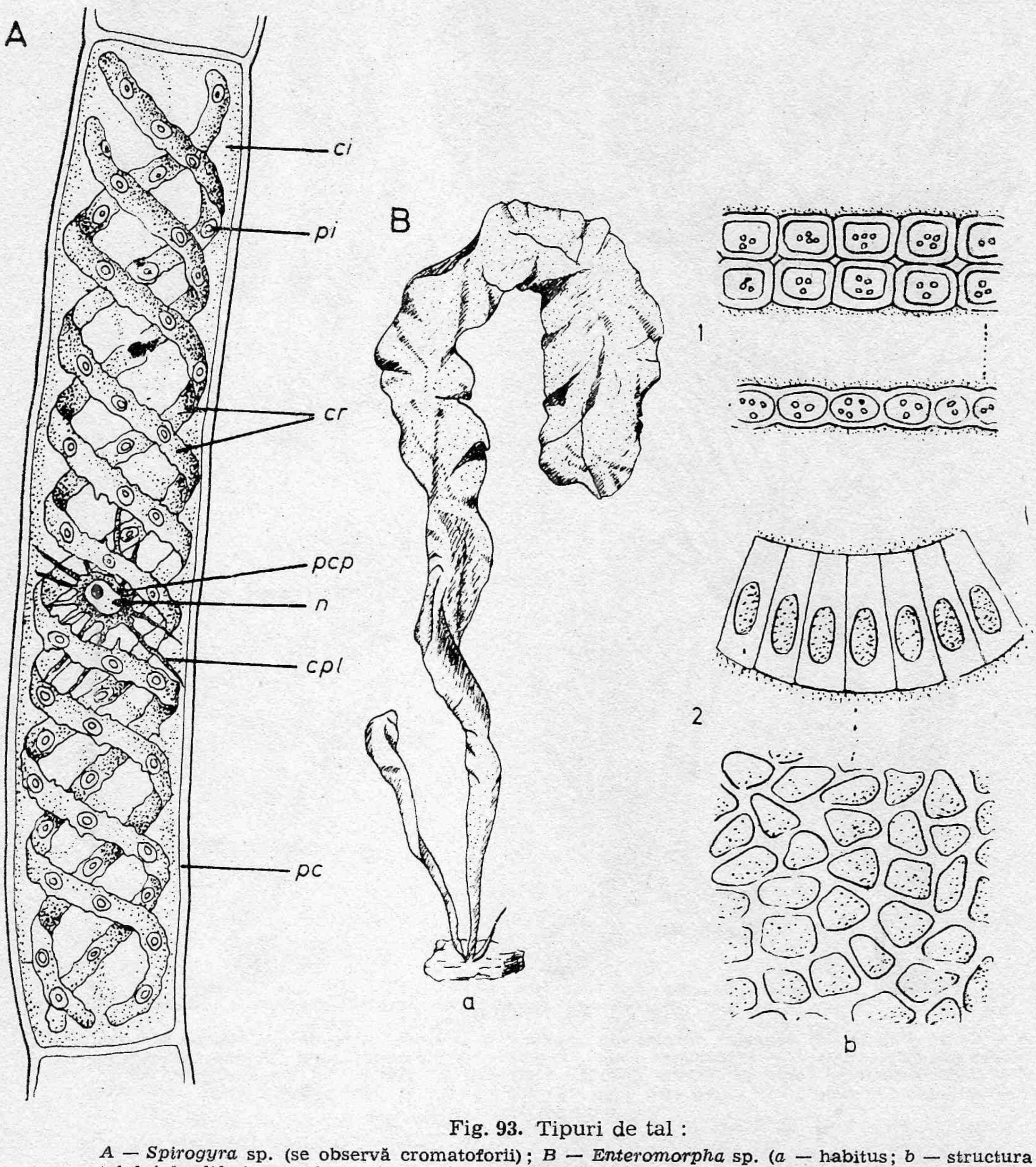


Fig. 93. Tipuri de tal :

A — *Spirogyra* sp. (se observă cromatoforii); *B* — *Enteromorpha* sp. (*a* — habitus; *b* — structura talului la diferite niveluri : *1, 2*); *ci* — citoplasmă; *cpl* — cordon plasmatic; *cr* — cromatofori; *n* — nucleu; *pc* — perete celular; *pcp* — pungă citoplasmatică; *pi* — pirenoizi (*A* : după Oltmans; *B* : după Wetstein).

odată cu formarea unui punct vegetativ, alcătuit din celule adulte (diferențiate) (fig. 93, B).

Vîrfurile talurilor pluricelulare pot avea o singură celulă inițială în partea apicală, diferită de celelalte, așa cum se întîlnește la *Holopteris* (v. fig. 23, D), sau pot avea celule obișnuite. În cazul în care este diferită, celula se divide mereu prin pereți transversali, paraleli între ei, iar ce-

lulele rezultate se divid mai departe prin pereţi longitudinali, din care se formează un număr de celule embrionare ; din unele dintre acestea, situate la margine, se vor dezvolta ramuri laterale. Dacă celula iniţială din vîrful talului se divide longitudinal în două celule egale, ramificarea talului va fi dichotomică, ca la *Dictyota dichotoma* (v. fig. 91, B).

Celulele adulte ale talului mai evoluat sînt aproape întotdeauna parenchimatoase, prevăzute cu un singur nucleu, fiind diferenţiate și dispuse în mai multe zone. La periferie nu se dezvoltă o epidermă, în schimb peretele celulelor din straturile periferice se poate îngroșa și chiar încrusta cu carbonat de calciu, constituind astfel o zonă *„protectoare“*. Urmează apoi un ţesut periferic bogat în cloroplaste de formă discoidală sau lenticulară, care alcătuieşte aşa-numitul *parenchim asimilator*, constituit din celule scurte. Spre interior se află o zonă cu celule lipsite de cloroplaste, de asemenea scurte, în schimb bogate în materii de rezervă, alcătuind un *parenchim de depozitare*. În centru se află un parenchim conducător, alcătuit din celule înguste, mult alungite, la care pereţii transversali sînt prevăzuţi cu plăci ciuruite ; astfel de celule au fost denumite de unii autori și *hife ciuruite*, ele avînd rol de conducere a substanţelor organice și prin aceasta fac legătură cu spermatofitele. Ele se întîlnesc, de exemplu, la unele alge brune, cum ar fi *Laminaria* și *Macrocystis* (fig. 94).

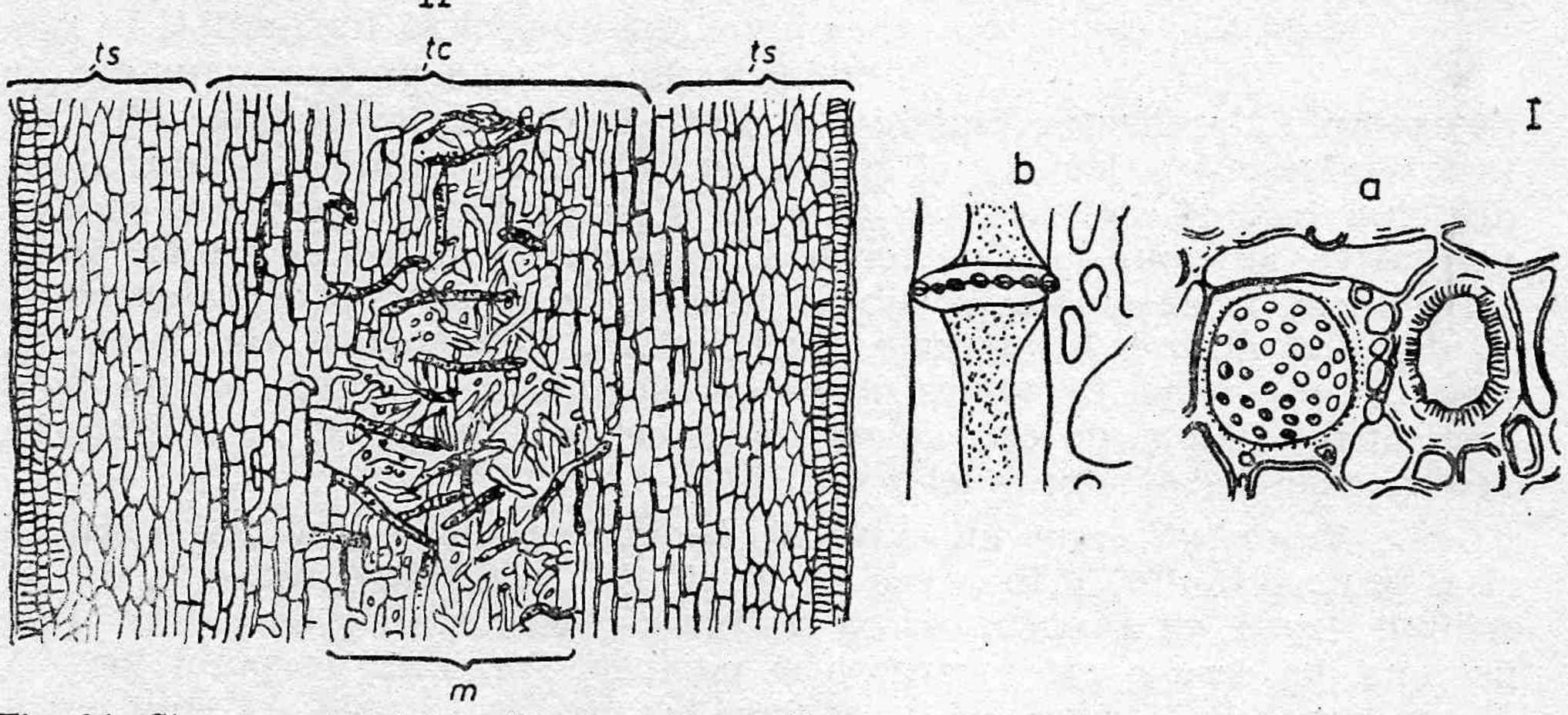


Fig. 94. Structura talului la *Macrocystis* sp. (*I*: *a* — celule ciuruite în secţiune transversală ; *b* — celule ciuruite în secţiune longitudinală) și *Laminaria* sp. (*II* : *m* — „măduvă“; *ţc* — ţesut central ; *ţs* — ţesut al „scoarţei“ (după W e t s t e i n).

La *Laminaria* există o diferenţiere de un grad și mai ridicat. Aici cauloidul, care este asemănător unei tulpini de la *Cormophyta*, prezintă și o creștere în grosime datorită formării de ţesut secundar sub formă de zone concentrice, la fel ca și inelele anuale din lemnul secundar al tulpinii arborilor. La alga brună *Fucus*, există și celule mecanice, cu pereţii îngroșaţi, foarte elastici și rezistenţi la întindere, adaptaţi la susţinerea corpului împotriva acţiunii exercitate de valurile și curenţii din apa mărilor în care trăiesc.

La *Fungi* (ciuperci) talul este alcătuit din numeroase filamente de formă cilindrică, lipsite de clorofilă și foarte ramificate, denumite *hife*.

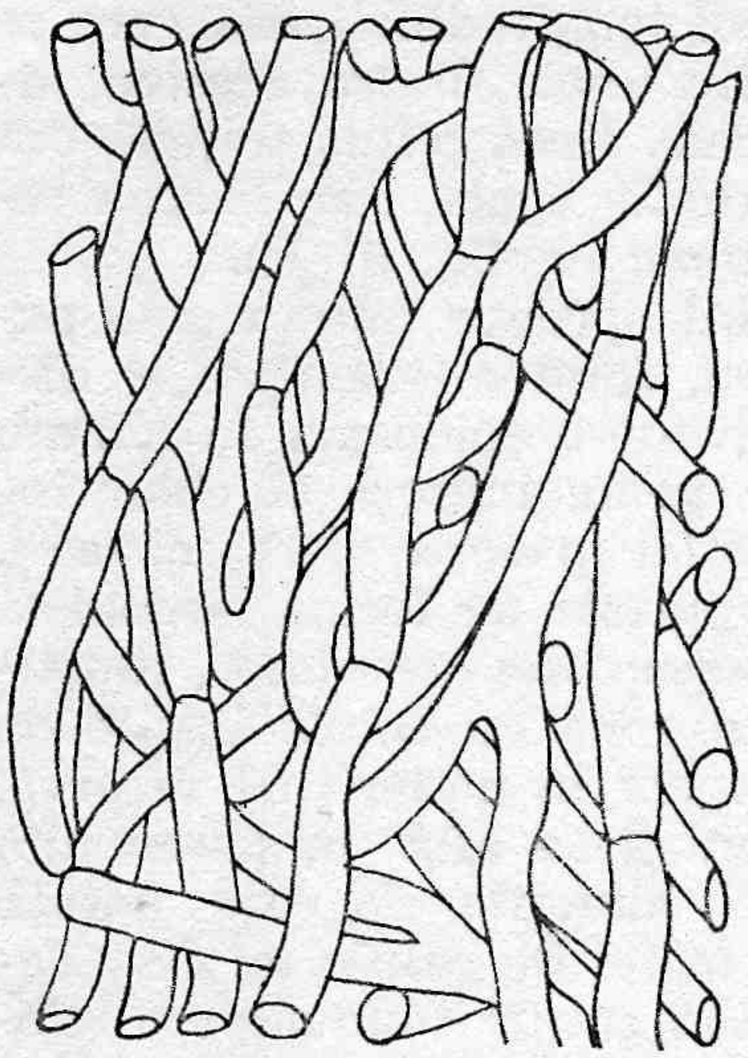


Fig. 95. Secțiune longitudinală prin piciorul corpului de „fructificare“ al unei ciuperci superioare, pentru observarea plectenchimului (după M o l i s c h).

Cu ajutorul hifelor, care străbat substratul în toate direcțiile, ciupercile își pot asigura substanțele nutritive necesare lor. Hifele formează în corpul ciupercilor o adevărată împletitură care poartă denumirea de *miceliu* (plectenchim) (fig. 95). La ciupercile superioare, acesta se prezintă — în secțiune transversală — ca un țesut, care este așa-numitul *pseudoparenchim*, adică un parenchim fals. La grupul ciupercilor parazite se formează ramuri scurte denumite *haustori* sau *sugători*, care pătrund prin pereții celulelor vii ale plantelor-gazdă și extrag substanțele nutritive necesare lor.

O poziție de tranziție între talurile tipice ale algelor din apă și cormul bine diferențiat al plantelor superioare terestre o ocupă corpul vegetativ al briofitelor, a căror adaptare la viața terestră este încă deficitară în multe privințe. Aceasta face ca numeroși mușchi să fie limitați în răspîndirea lor la zone pronunțat umede ca de exemplu *Marchantia* (mușchiul de fîntînă sau „fierea pămîntului“). Unii însă se găsesc și în locuri mai uscate, de exemplu pe stînci, pe ziduri, care din cînd în cînd sînt umezite de rouă și precipitații. Asemenea corpuri vegetative, adaptate la viața terestră, reprezintă o formă de trecere între tal și corm, fiind cunoscute sub denumirea de *precorm* sau *protocorm* și se dezvoltă dintr-o formațiune pluricelulară, filamentoasă sau lamelară, numită *protonemă*. La aceste plante se constată în structura lor un țesut cortical periferic și un cordon central de celule alungite, la nivelul cărora are loc transportul substanțelor nutritive.

La *Bryophyta* (mușchi) există o diferențiere mai accentuată a talului și a protocormului, prin aceea că, deși nu se întîlnesc rădăcini, au în schimb rizoizi, cu ajutorul cărora se fixează de substrat și în același timp iau apa, pe care o pot încorpora și pe toată suprafața corpului lor. La *Musci* (mușchii frunzoși) se deosebește o tulpiniță (fig. 96, A), care poate fi ramificată sau neramificată și care poartă frunzulițe.

Pe „tulpinițele“ filamentoase, articulate și ramificate, ale unor hepatice, ca de exemplu la *Jungermaniales* (fig. 96, B), se află dispuse, de obicei uniseriat, formațiuni de asimilație foarte delicate, fără nervuri și care nu prezintă vreo diferențiere internă, analoage organelor corespunzătoare de la *Cormophyta* și anume frunzelor.

În legătură cu structura internă a talului de mușchi, se cunoaște că diferențierea este și mai accentuată față de celelalte grupe de plante inferioare, prin aceea că se deosebește o epidermă, în care se găsesc chiar stomate, ca de exemplu la *Anthoceros ;* la formele terestre se întîlnește și o cuticulă. Unele dintre briofite prezintă elemente mecanice de tipul fibrelor sclerenchimatice, precum și un țesut conducător central, alcătuit

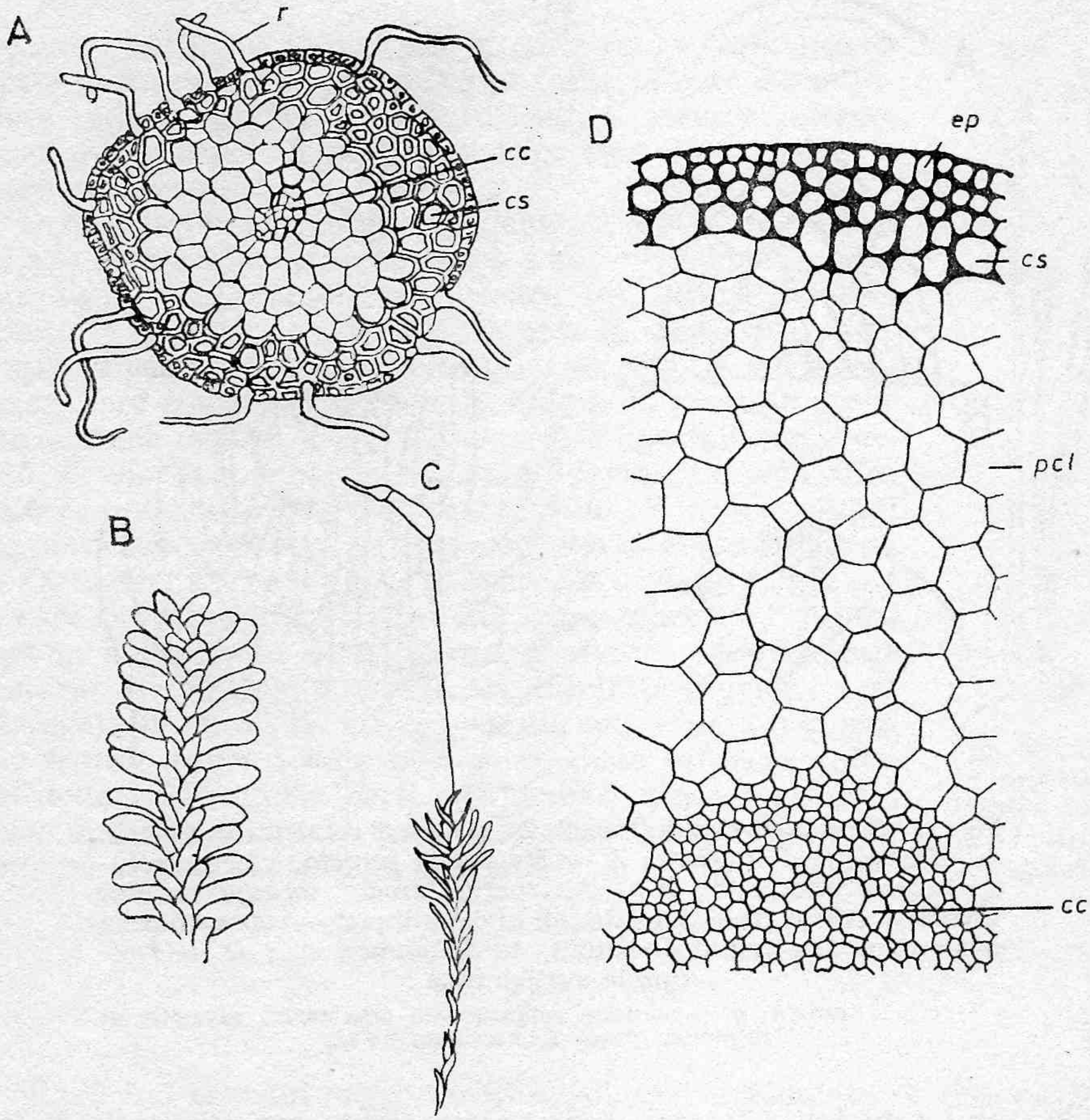


Fig. 96. Morfologia și structura tulpiniței de la mușchi :

A — secțiune transversală prin tulpinița de *Bryum* sp.; *B* — fața ventrală a tulpiniței de *Jungermannia allicans*, cu frunzulițe; *C* — tulpiniță cu sporogon în vîrf; *D* — structura tulpiniței : *cc* — celule conducătoare; *cs* — celule sclerificate; *ep* — epidermă; *pcl* — parenchim clorofilian; *r* — rizoizi (*A* : după M. Răvăruț și colab.; *B—D* : după Deysson).

din celule alungite, cu pereții subțiri, care conțin substanțe albuminoide și hidrați de carbon și care îndeplinesc rolul vaselor ciuruite. Vasele veritabile, floematice și mai ales xilematice lipsesc întotdeauna, fapt pentru care briofitele sînt numite tot criptogame avasculare.

Ceea ce trebuie de reținut este deosebirea dintre *Bryophyta* și *Cormophyta*, în privința dezvoltării celor două faze ale ciclului evolutiv. La *Bryophyta*, corpul vegetativ aparține fazei gametofitice, pe cînd la *Cormophyta*, aparține sporofitului. În ceea ce privește creșterea, la *Hepaticae* se află o celulă *inițială bilaterală* (fig. 97, A, B) în vîrful talului, din care prin pereții succesivi, înclinați cînd spre stînga, cînd spre dreapta, iau naștere segmente, care prin alte diviziuni ce au loc alcătuiesc talul. În ceea ce privește ramificarea talului, aceasta are loc prin formarea unor noi celule apicale, ce iau naștere în noile segmente apărute. La *Blasia*

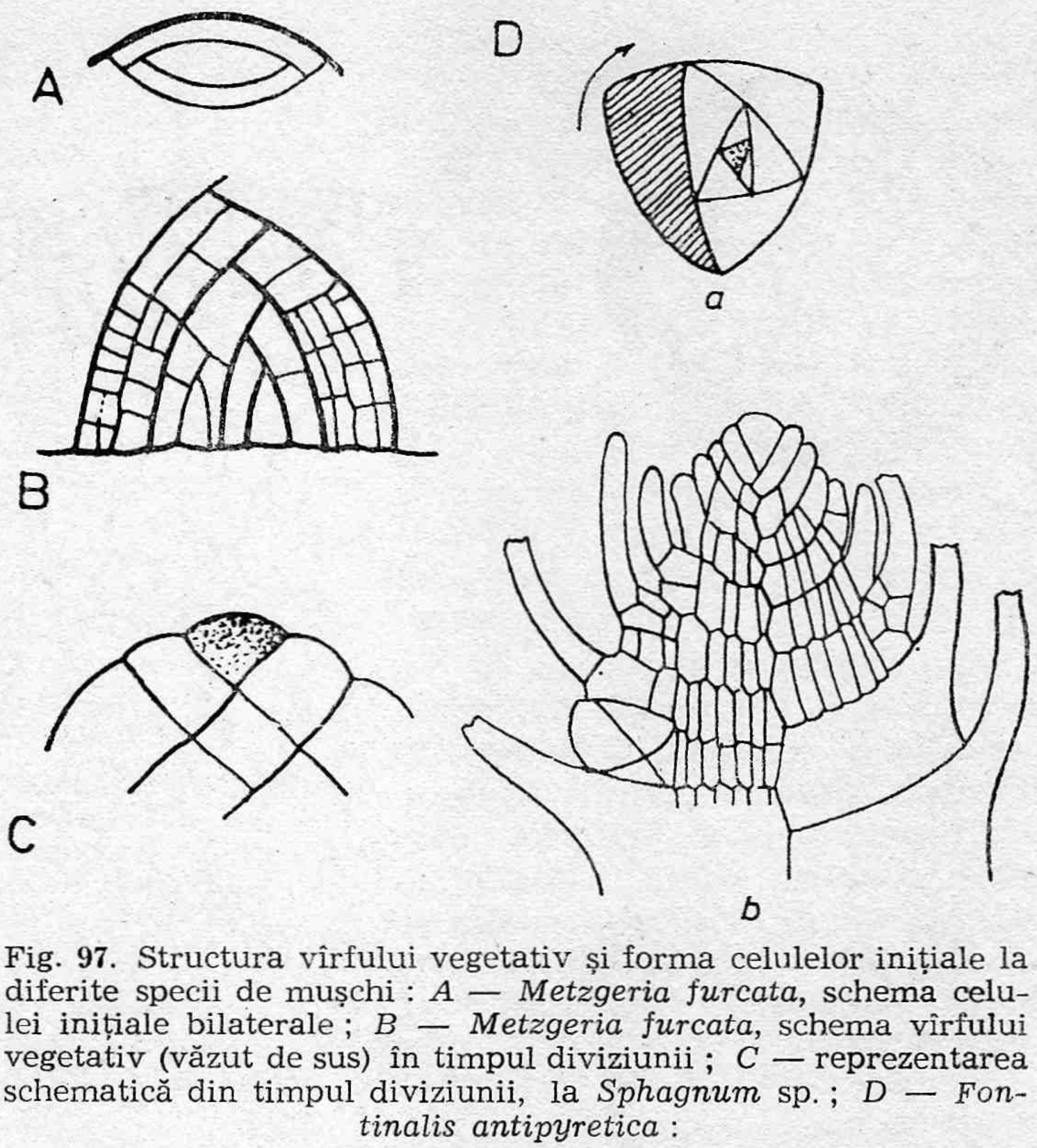


Fig. 97. Structura vîrfului vegetativ și forma celulelor inițiale la diferite specii de mușchi : *A* — *Metzgeria furcata*, schema celulei inițiale bilaterale ; *B* — *Metzgeria furcata*, schema vîrfului vegetativ (văzut de sus) în timpul diviziunii ; *C* — reprezentarea schematică din timpul diviziunii, la *Sphagnum* sp. ; *D* — *Fontinalis antipyretica* :

a — celula inițială; *b* — secțiune longitudinală prin vîrful vegetativ al tulpiniței (după **Strasburger**).

pussila, talul este lobat lateral, asemănător unui corp vegetativ la care s-ar individualiza formaţiuni foliacee.

La unele hepatice și numeroși *Musci*, în vîrful talului se află o celulă inițială *trilaterală piramidală*, care generează alternativ spre bază numeroase segmente. Din fiecare segment se formează primordiul unei frunzuliţe și al unui lăstăraș lateral. În vîrful frunzuliţelor de la majoritatea mușchilor frunzoși se află o celulă inițială *bilaterală lenticulară*, prin care are loc mai întîi creșterea în lungime, după care urmează o creștere *intercalară*.

Organizarea cea mai evoluată o prezintă *cormul* plantelor superioare, *Cormophyta*, în care sînt incluse cele două grupe mari de plante : *Pteridophyta* și *Spermatophyta*, la care în ciclul evolutiv alternează două faze : una *sporofitică*, reprezentată prin corm și alta *gametofitică*, care are o structură taloasă.

Organele plantelor superioare prezintă anumite particularităţi, datorită influenţei condiţiilor de mediu, care se manifestă atît în ceea ce privește înfățișarea, cît și funcţia acestora. Evoluția organelor poate fi urmărită filogenetic și ontogenetic.

În silurian au apărut psilofitinele, primele cormofite cu adaptări pronunţate la condiţiile mediului terestru. La acestea se constată prezența

unei axe ramificate dichotomic, numită *telom*, așa cum se găsește la *Rhynia* (fig. 98), psilofită fosilă la care nu se întîlnese rădăcini și frunze. Ramificațiile nevascularizate din sol aveau aspectul unor rizoizi, pe care T a h t a d j a n îi numește *rizomoizi*.

Primul organ în evoluția filogenetică a plantelor a fost deci axa principală, *tulpina*, care s-a dezvoltat apoi în mod continuu în seria plantelor superioare. Din partea bazală a tulpinii, la ferigile superioare, adaptate la mediul terestru, au apărut ramificații dichotomice cu direcție pozitiv-geotropică, care constituie *rădăcinile*. Odată cu evoluția plantelor, acestea capătă o diversificare și o specializare crescîndă. *Frunzele* apar fie prin turtirea *axelor*, fie prin diferențierea unor mici *emergențe solziforme*. Asupra evoluției filogenetice se va reveni la tratarea fiecărui organ în parte.

Ontogenetic, punctul de plecare se află în *celula ou*, din care se diferențiază *embrionul*, care reprezintă a doua etapă în dezvoltarea ontogenetică a plantei. Acesta este constituit din rădăciniță (radiculă), tulpiniță (tigelă) cu un vîrf vegetativ numit muguraș (gemulă sau plumulă) și primele frunze, reprezentate prin unul, două sau mai multe cotiledoane. Din aceste părți componente ale embrionului se vor dezvolta organele vegetative care formează cormul și anume : rădăcina, tulpina și frunzele.

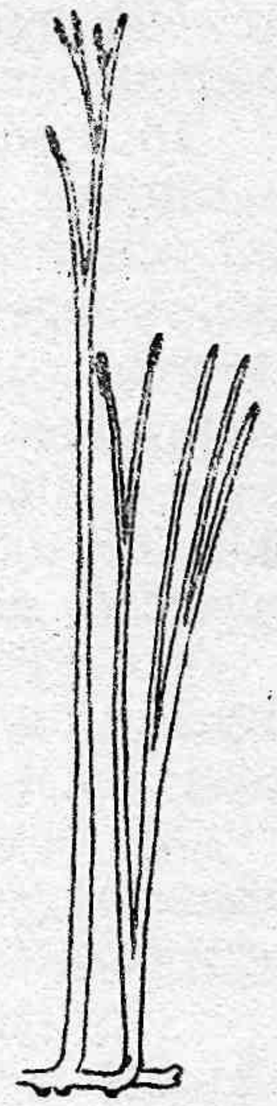


Fig. **98.** Lăstar cu sporangi, la *Rhynia* sp. (după S t r a s b u r g e r).

4.6. **RĂDĂCINA**

Rădăcina este un organ cu ajutorul căruia plantele se fixează în sol și absorb din el apa cu sărurile minerale dizolvate în ea, pe care le conduce spre întregul sistem de organe al plantei. La acele plante care trăiesc mai mult decît o perioadă de vegetație, rădăcina servește și ca depozit de materii nutritive, de rezervă, iar la alte plante are rol în regenerare, precum și în stabilirea legăturilor morfologice și anatomo-fiziologice cu ciupercile și bacteriile din sol. De asemenea, rădăcina poate servi și ca organ de acumulare a apei, organ de respirație, fotosinteză etc., funcții asupra cărora se va reveni. În ceea ce privește forma, de regulă aceasta este mai mult sau mai puțin cilindrică, cu o simetrie radiară.

Rădăcina se caracterizează prin aceea că prezintă un geotropism pozitiv, deci crește ortotrop de sus în jos. Nu produce niciodată frunze și este acoperită la vîrf cu o *scufie (caliptră* sau *piloriză)*. Prezintă o zonă de creștere scurtă, situată în apropierea vîrfului, dezvoltă peri *radiculari*, *sugători* sau *absorbanți* și are o ramificare *endogenă*. De asemenea, rădăcina prezintă o structură particulară a cilindrului central, deosebită de cea a tulpinii, structură a cărei trecere are loc în zona limită dintre rădăcină și tulpină, denumită *colet* și a cărui mărime variază de la plantă la plantă. Rădăcina nu are niciodată stomate și se caracterizează prin lipsa cloroplastelor, deși cînd vom prezenta metamorfozele acesteia se va vedea că unele rădăcini sînt totuși asimilatoare.

Din punct de vedere filogenetic, primul grup de plante la care apare rădăcina sînt ferigile *(Pteridophyta).*

În evoluția plantelor, primul organ care apare este tulpina și abia mai tîrziu rădăcina, ca o diferențiere a celei dintîi. La *Psilotales,* care sînt cele mai primitive criptogame vasculare adaptate la mediul terestru, corpul vegetativ este fixat de sol printr-un rizom primordial. La pteridofitele din grupele *Rhyniales, Salviniaceae* și *Lycopodiaceae* rădăcina lipsește, organele subterane avînd o structură asemănătoare cu cea a organelor aeriene. De regulă, la ferigi nu există rădăcină principală ; prima rădăcină este deja laterală (adventivă) și aceasta moare repede, fiind înlocuită de noi rădăcini laterale.

Cu privire la originea ontogenetică a rădăcinii, se știe că de la prima diviziune a zigotului se stabilește axul de polaritate viitoare, la care din polul bazal se va forma radicula (din care apoi se va dezvolta rădăcina primară sau principală) și în același timp, foarte frecvent, un organ suplimentar, cu rol de hrănire pentru embrion, haustoriul, respectiv suspensorul (fig. 99, A).

4.6.1. MORFOLOGIA RĂDĂCINII

La o rădăcină tînără de spermatofite se constată că se succed patru regiuni și anume : vîrful vegetativ, regiunea netedă, regiunea piliferă și regiunea aspră (fig. 99, B).

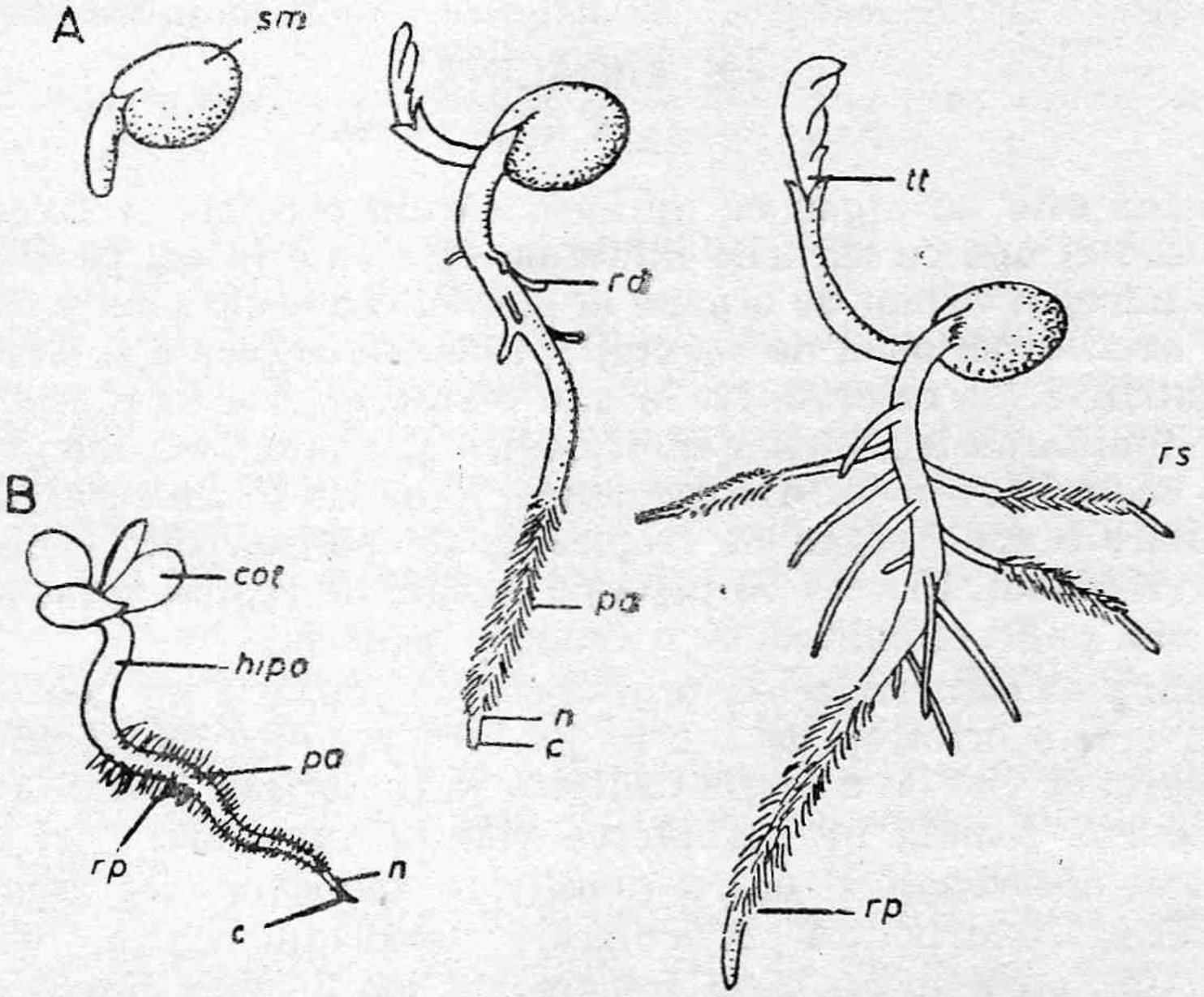


Fig. **99.** Dezvoltarea aparatului radicular la *Pisum sativum* (*A*) și alcătuirea plantulei la *Sinapis alba* (*B*) :
c — caliptră; *cot* — cotiledon; *hipo* — hipocotil; *n* — zonă netedă; *pa* — peri absorbanți; *rd* — radicele; *rp* — rădăcină principală; *rs* — rădăcini secundare; *sm* — sămînță; *tt* — tulpină tînără (*A* : după C a m e f o r t; *B* : după I. T. T a r n a v s c h i și colab.).

Vîrful vegetativ al rădăcinii este de regulă scurt, numai în rare cazuri depășind 1 mm lungime. Prin această regiune se face creșterea apicală a rădăcinii, aici aflîndu-se celule embrionare care sînt protejate de o formațiune specială numită *piloriză (caliptră* sau *scufie).*

Pentru a explica mai bine funcțiile scufiei prezentăm următoarele elemente de detaliu asupra acesteia.

Scufia este un fel de coif în formă de degetar, care acoperă extremitatea rădăcinii și protejează regiunea meristematică împotriva asperităților solului ; originea ei este diferită la diversele grupe mari de *Cormophyta.*

Scufia este un țesut protector primar, constituit din mai multe straturi de celule adulte, parenchimatice. Pereții celulelor externe ale calip-
trei se gelifică, înlesnind pătrunderea rădăcinii în sol, deoarece se produce o umectare a acestuia.

La majoritatea plantelor, pe măsură ce rădăcina se dezvoltă, celulele scufiei se exfoliază, fiind înlocuite de altele noi, așa cum bine se remarcă la *Triticum* (grîu), *Medicago* (lucernă) și multe ale plante.

O altă caracteristică a scufiei o constituie prezența și distribuția grăuncioarelor de amidon pe pereții transversali ai celulelor din vîrf, care au rol în mișcările geotropice, fiind numite de aceea și statoliți.

Scufia este, de regulă, mai mare la rădăcinile aeriene și lipsește la plantele parazite *(Cuscuta),* precum și la unele plante autotrofe *(Aesculus hippocastanum, Trapa natans,* diferite *Bromeliaceae* epifite). La multe plante acvatice (*Lemna, Hydrocharis* etc.) (fig. 100) scufia este înlocuită de o formațiune mult mai lungă, ca un deget de mănușă, care nu se uzează, numită *rizomitră ;* aceasta are altă origine decît scufia.

Scufia învelește și protejează *conul de creștere* sau apexul rădăcinii (avînd lungime de 2—3 mm), compus din celula sau celulele inițiale ce formează promeristemul sau meristemul primordial și din care se organizează cele trei foițe histogene : *dermatogenul, periblemul* și *pleromul.* În această regiune celulele se află în stare continuă de diviziune, avînd caractere tipic meristematice. La majoritatea pteridofitelor vîrful vegetativ al rădăcinii prezintă o singură și voluminoasă celulă inițială, care are forma unei piramide cu trei fețe laterale (fig. 101).

La *Gymnospermae* sînt două grupe etajate de celule inițiale, din care cea internă, prin diviziuni alternative, periclinale și anticlinale, formează masa principală a corpului rădăcinii, respectiv pleromul, iar cea externă, prin diviziuni preponderent periclinale dă naștere țesuturilor scoarței, rizodermei și caliptrei. La unele conifere, ca de exemplu la *Pinus cembroides* var. *edulis* (fig. 102), din același grup de inițiale se formează atît corpul rădacinii, alcătuit din dermatogen, periblem și plerom, cît și caliptra.

La *Angiospermae,* în vîrful rădăcinii se află un centru generator stratificat, alcătuit din mai multe grupe independente de celule inițiale, din care prin diviziuni anticlinale și periclinale rezultă țesuturile definitive ale rădăcinii, în mod diferit la diverse grupe sistematice. Astfel, la *Gramineae* (fig. 103), în vîrful rădăcinii există trei etaje de celule inițiale. Din etajul superior se diferențiază cilindrul central, din cel mijlociu scoarța și rizoderma, iar din cel inferior caliptra.

La majoritatea dicotiledonatelor se întîlnesc tot trei etaje de celule inițiale ; din primul etaj, respectiv cel exterior, se formează și caliptra

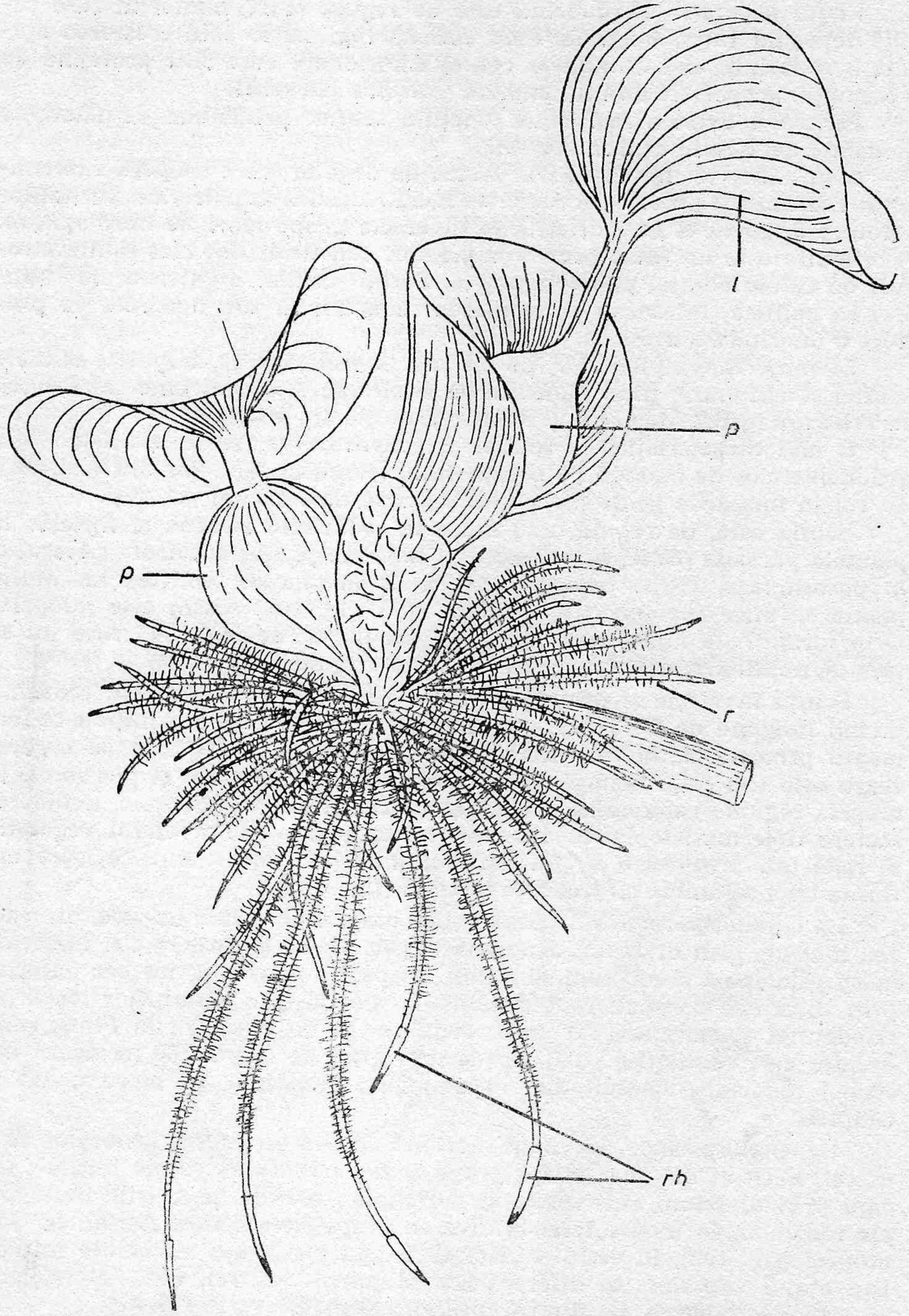


Fig. **100.** Observarea rizomitrei (*rh*) la rădăcina de *Eichornia crassipes* :
l — lamina frunzei; *p* — peţiol cu aerenchim; *r* — radicelă; *rh* — rizomitră (după I. T. T a r-
n a v s c h i şi colab.).

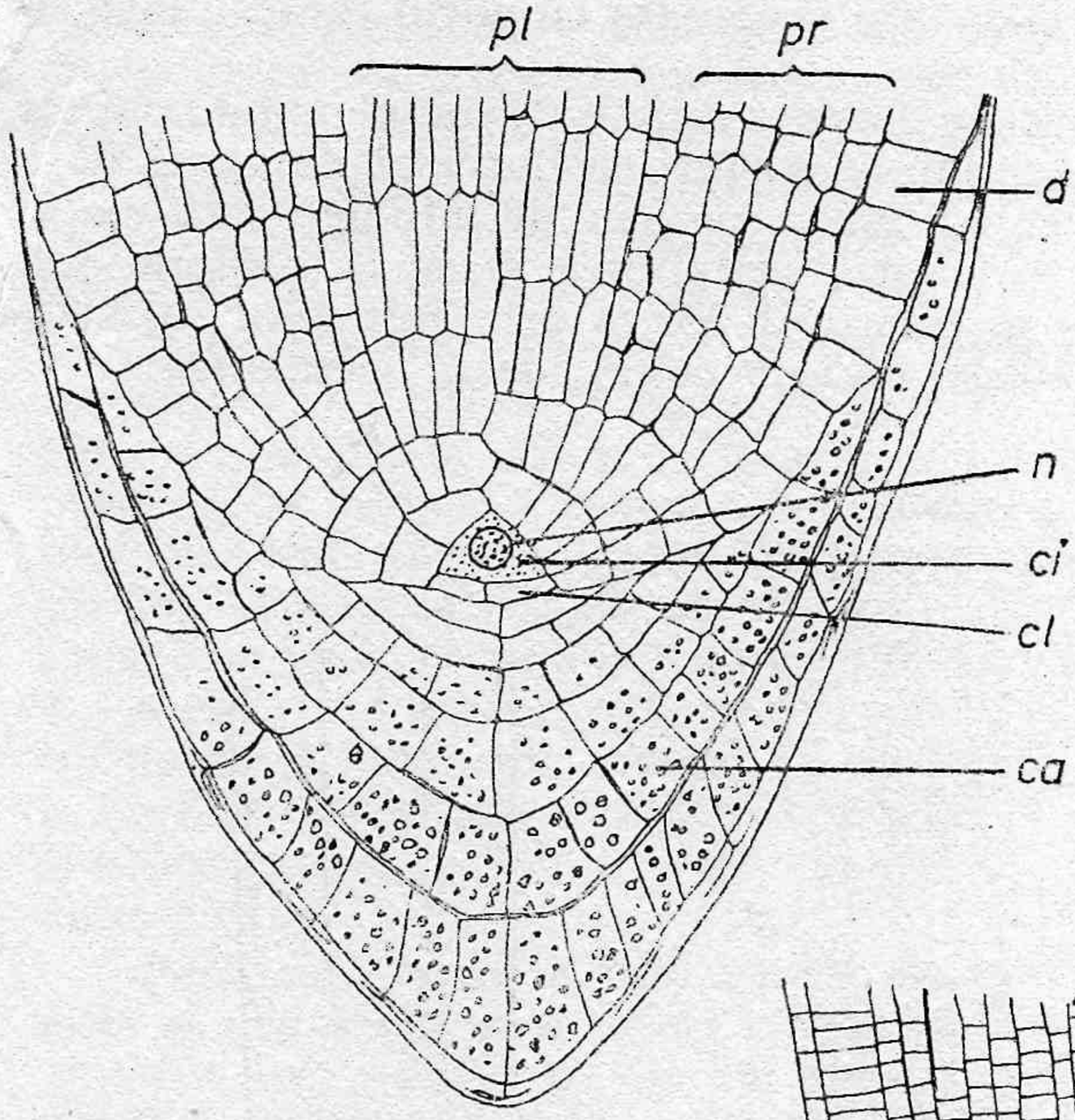


Fig. **101.** Secțiune longitudinală prin vîrful vegetativ al unei rădăcini de *Pteris* sp. :

ca — caliptră; *ci* — celulă inițială; *cl* — caliptrogen; *d* — dermatogen; *n* — nucleu; *pl* — plerom; *pr* — periblem (după S t r a s b u r g e r).

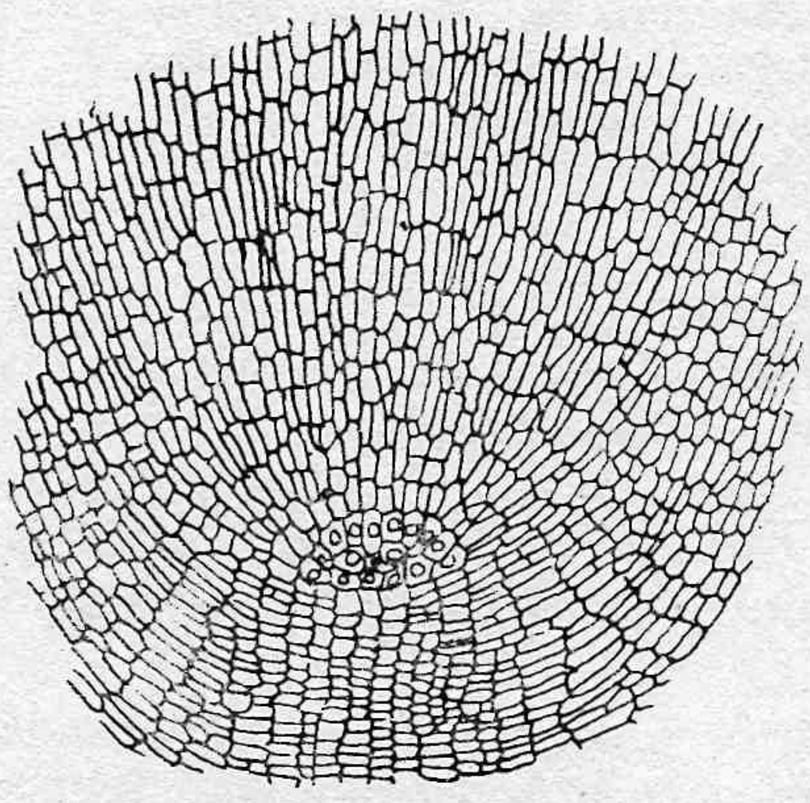


Fig. **102.** Secțiune longitudinală prin vîrful rădăcinii de *Pinus cembroides* var. *edulis* :

corpul rădăcinii și caliptra se formează din același grup de celule inițiale (după S t r a s b u r g e r).

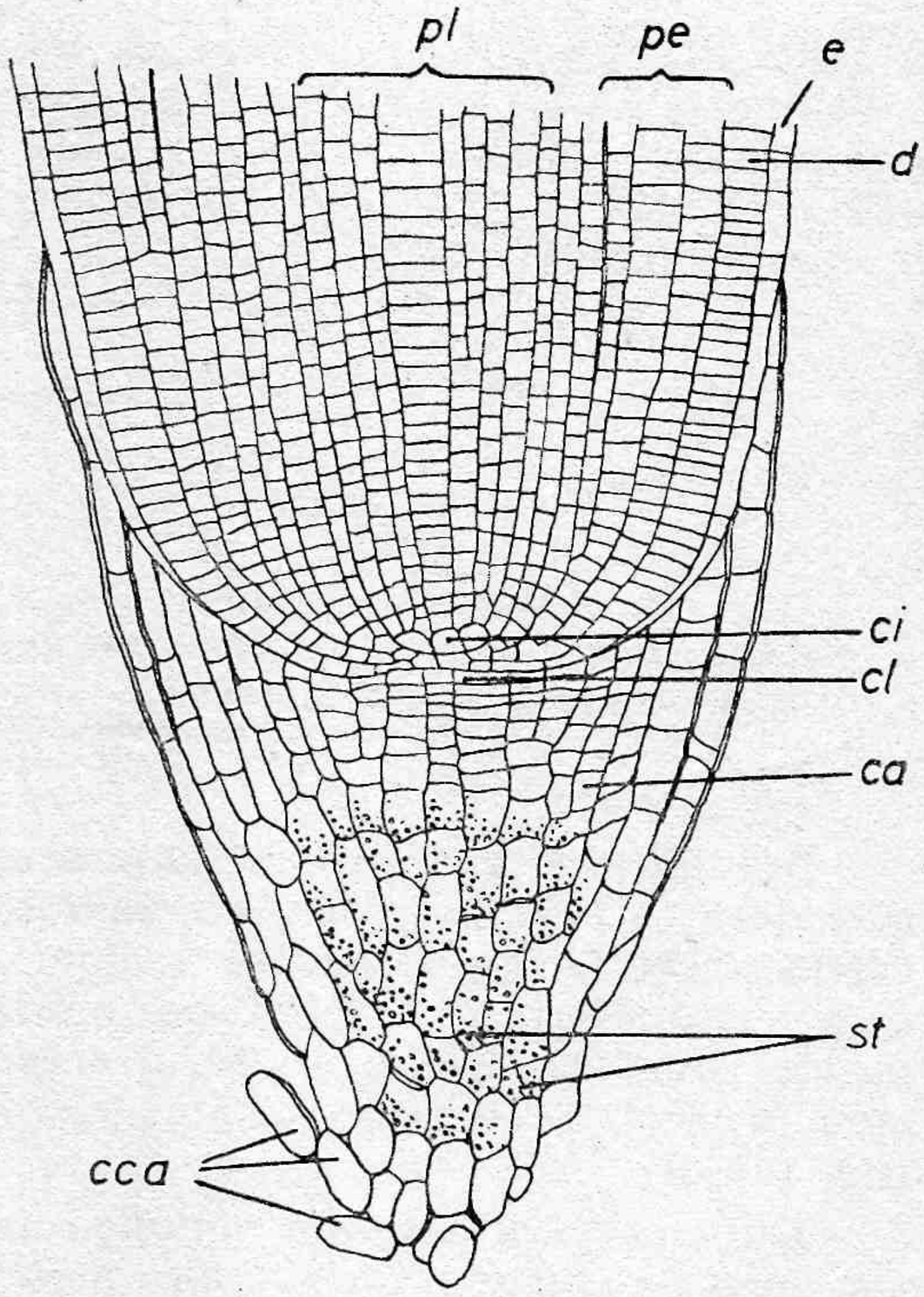


Fig. **103.** Secțiune longitudinală prin vîrful vegetativ al rădăcinii de *Hordeum vulgare* :

ca — caliptră; *cca* — celule detașate ale caliptrei; *ci* — celule inițiale; *cl* — caliptrogen; *d* — dermatogen; *e* — peretele extern îngroșat al celulelor dermatogenului; *pe* — periblem; *pl* — plerom; *st* — statolite (granule de amidon) (după S t r a s b u r g e r).

și rizoderma ; din al doilea etaj de celule inițiale se diferențiază scoarța, inclusiv endoderma, iar al treilea etaj generează cilindrul central, inclusiv periciclul.

Toate etajele de celule inițiale descrise constituie complexul de inițiale, care poate fi observat de exemplu în vîrful vegetativ al rădăcinii de la *Brassica napus* (napi) (fig. 104, A). Acest complex de inițiale constituie un rezervor de celule, caracterizate prin activitatea mare a acestora, prin sinteza auxinelor ce are loc în interiorul lor și prin formarea sursei de celule diploide, care le înlocuiesc pe cele poliploide și aneuploide.

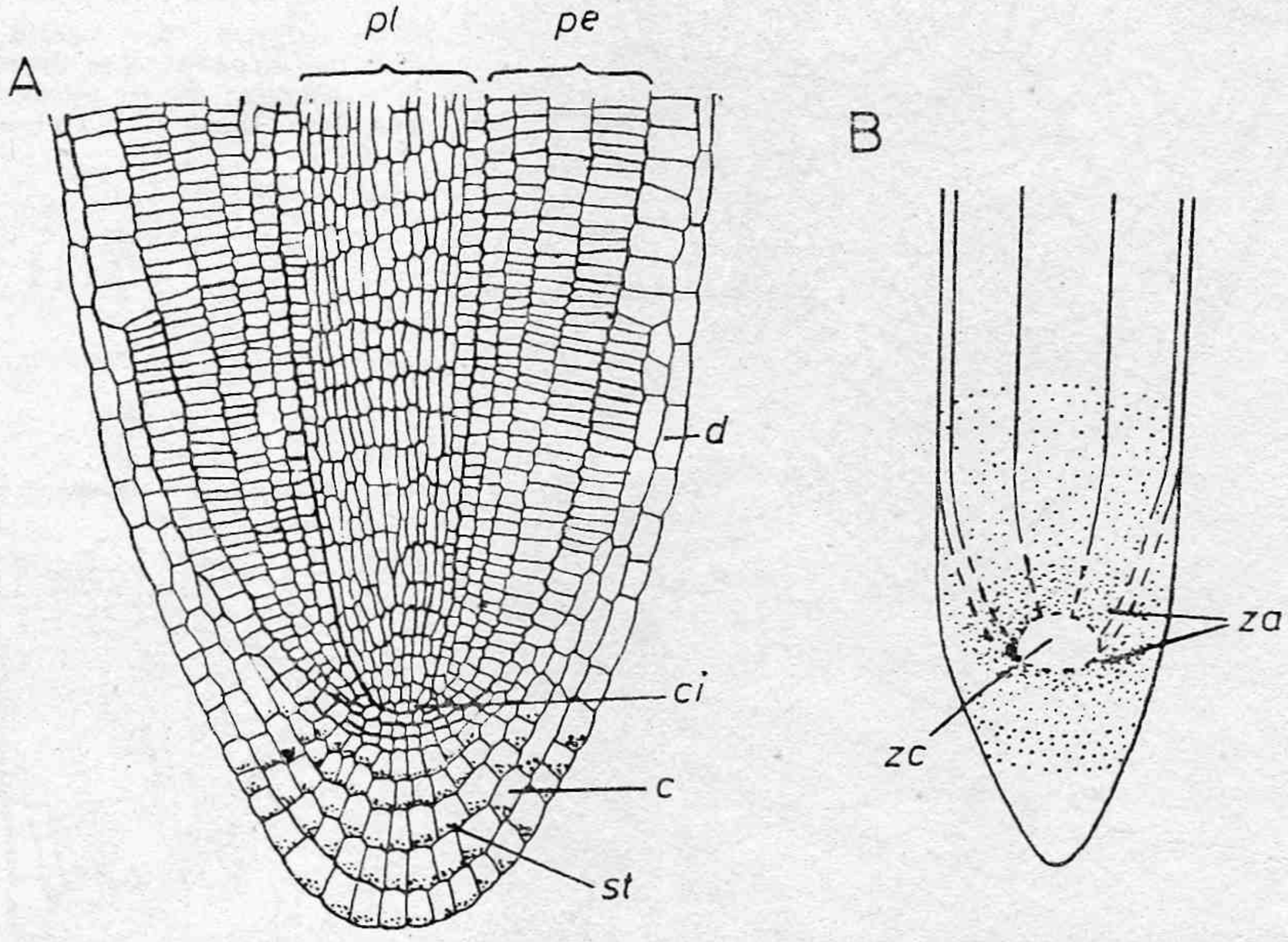


Fig. **104.** Secțiune longitudinală prin vîrful rădăcinii de *Brassica napus* (*A*), zonele active și zonele cuiescente din meristemul apical al rădăcinii (*B*):
c — caliptră; *ci* — celulă inițială; *d* — dermatogen; *pe* — periblem; *pl* — plerom; *za* — zonă activă; *zc* — zonă cuiescentă (*A* : după Strasburger; *B* : după Camefort).

Studiile mai recente efectuate asupra vîrfului vegetativ al rădăcinii consideră că celulele inițiale se înmulțesc foarte puțin în comparație cu celelalte celule meristematice vecine. Astfel, zona celulelor inițiale este caracterizată printr-o activitate meristematică slabă, constituind așa-numita zonă *cuiescentă*. În jurul acesteia, celulele se înmulțesc activ și stau la originea tuturor țesuturilor rădăcinii, constituind *zona activă* (fig. 104, B).

După caliptră urmează *regiunea netedă*, care corespunde cu regiunea sau zona de creștere, *de alungire* a rădăcinii. Această regiune este foarte scurtă la rădăcinile normale, care cresc în sol (avînd cel mult 5—10 mm) și este situată după vîrful vegetativ. Celulele din această zonă cresc doar prin întindere, contribuind astfel la mărirea forței prin care rădăcina pătrunde în sol. Această regiune corespunde în general meristemelor primare : *protodermul* (format din celule mai mult sau mai puțin izodiametrice, ce vor da — prin diferențiere — rizoderma), *meristemul fundamental*

(format tot din celule mai mult sau mai puţin izodiametrice, ce vor da — tot prin diferenţiere — scoarţa și măduva), *procambiul* (format din cordoane de celule prozenchimatice, ce vor da — de asemenea prin diferenţiere — fasciculele conducătoare, liberiene şi lemnoase).

Așadar, în această regiune celulele nu se mai divid sau se divid foarte rar, în schimb se vacuolizează, cresc în suprafaţă și volum, determinînd creșterea în lungime a rădăcinii.

Deasupra acestei regiuni se află *regiunea perilor radiculari* sau *absorbanți*, numită încă și *regiunea piliferă*, a cărei lungime variază de la cîţiva milimetri la cîţiva centimetri. Prin această regiune are loc fixarea plantulei la începutul dezvoltării ei (la germinarea unei seminţe de exemplu), cu ajutorul perilor absorbanţi care aderă în întregime la particulele solului. În această regiune se face absorbţia apei cu sărurile minerale din sol și aici are loc și specializarea celulelor, așa încît la acest nivel rădăcina are o structură definitivă, primară. Regiunea piliferă prezintă o lungime constantă și rămîne la aceeași distanţă de vîrf. Rezultă deci că regiunea piliferă se deplasează în sol în timpul creșterii în lungime a unei rădăcini și explorează diferitele niveluri ale acestuia, pentru a lua apa cu sărurile minerale.

Perii absorbanți se diferenţiază din *rizoderma* rădăcinii (fig. 105), numită și *epiblemă*, au o formă cilindrică și, după cum arată și numele, cu ajutorul lor se absoarbe din sol apa cu sărurile minerale dizolvate în ea. Lungimea lor variază de la cîţiva milimetri pînă la 1 și chiar 2 cm. Ei nu sînt permanenţi, ci au o durată de la 10 pînă la 20—30 zile, după care mor

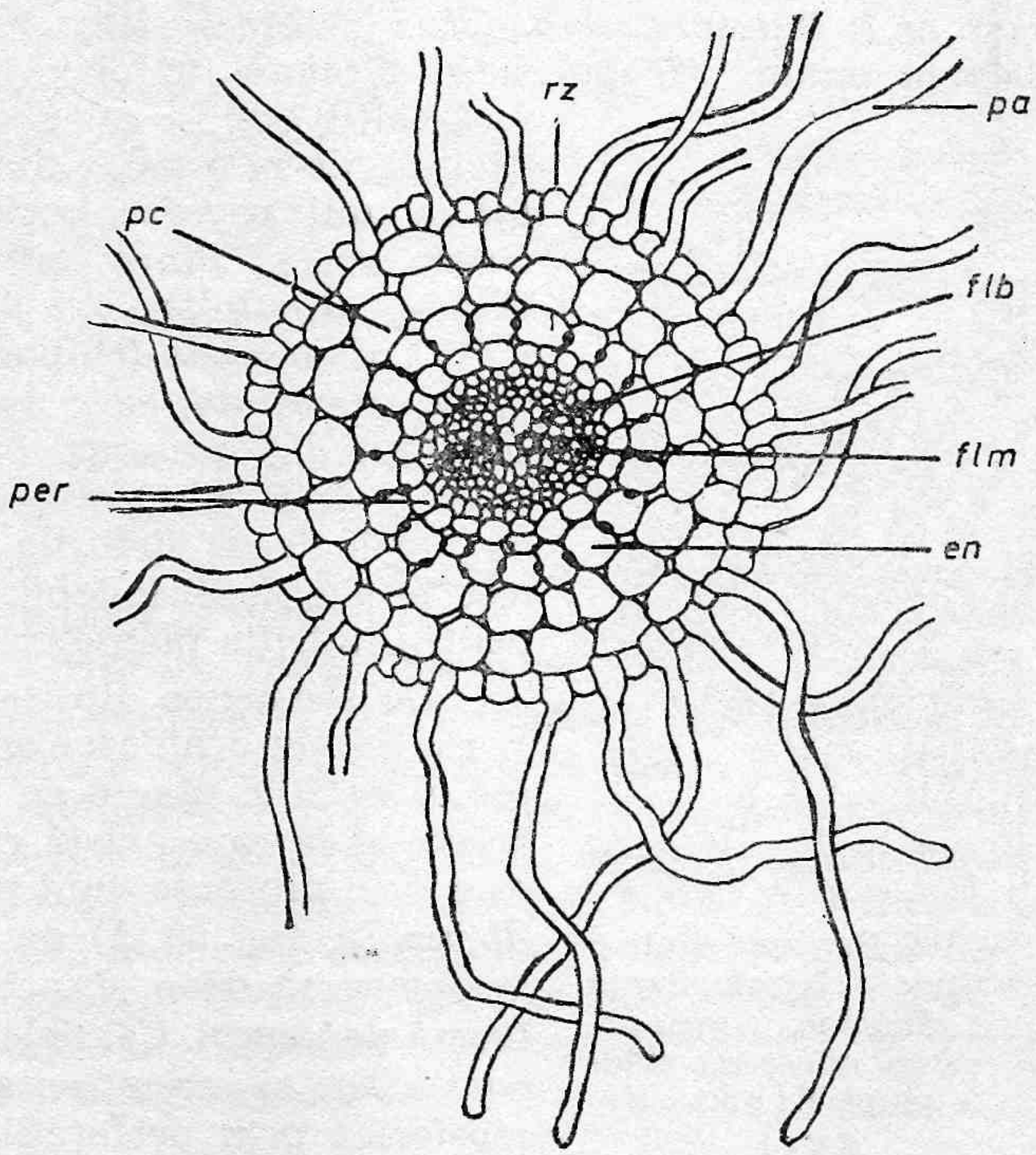


Fig. 105. Structura rădăcinii de *Sinapis alba* (secțiune transversală): *en* — endodermă; *flb* — fascicul liberian; *flm* — fascicul lemnos; *pa* — păr absorbant; *pc* — parenchim cortical; *per* — periciclu; *rz* — rizodermă (după Sárkány și Szalai)

datorită funcţionării lor intense şi umidităţii prea abundente sau prea scăzute din sol. În unele cazuri pereţii se lignifică şi perii pot trăi pînă la doi ani, prezentînd însă aceeaşi proprietate de absorbţie. Aceasta situaţie se poate întîlni la unele compozee, la *Triticum, Gleditschia triacanthos* (glădiţă). Numărul perilor radiculari pe mm^2 poate să ajungă la peste 400, iar la *Zea mays* sînt circa 420 pe mm^2, datorită lor realizîndu-se o suprafaţă mare de contact cu solul. Numărul mare de peri absorbanţi măreşte considerabil suprafaţa de contact între părţile permeabile ale rădăcinii şi soluţiile din sol. S-a calculat de exemplu la *Secale cereale* (secară), că suprafaţa tuturor perilor absorbanţi reprezintă aproape de treisprezece ori mai mult suprafaţa părţilor aeriene. Perii au pereţi subţiri, foarte permeabili ; perii sînt celule vii, conţinînd citoplasmă concentrată îndeosebi în jurul nucleului, care este situat în vîrful celulei, şi o vacuolă centrală mare, cu ajutorul căreia prin endosmoză este absorbită apa cu sărurile minerale dizolvate, din sol. Perii sînt de regulă unicelulari, iar la unele plante pluricelulari şi chiar ramificaţi în urma tratamentelor cu DDT. Astfel de peri s-au obţinut prin cercetările efectuate de prof C. Manolache şi colab. în 1967, la *Zea mays* şi *Triticum aestivum*.

Perii sînt învelişi de o pătură gelificată, care se formează datorită conţinutului bogat în substanţe pectice şi cu ajutorul căreia ei sînt lipiţi de particulele solului, mărind suprafaţa hidroabsorbantă cu mare eficacitate, pînă la peste 12 ori, ca de exemplu la *Pisum sativum*.

Perii radiculari au o dezvoltare acropetală şi foarte rapidă, ei devenind maturi după 1—2 zile, fapt pentru care sînt foarte uşor înlocuiţi prin alţii noi în timpul creşterii în lungime a rădăcinii. Există şi rădăcini lipsite de peri radiculari, aşa cum se întîlnesc în general la plantele acvatice, cum ar fi *Butomus umbellatus* (roşăţea), *Hippuris vulgaris* (coada calului), *Lemna minor*, *Menyanthes trifoliata* (trifoişte), *Stratiotes aloides* (foarfeca bălţii) etc. De asemenea lipsite de peri sînt rădăcinile de la o parte dintre gimnosperme şi anume la unii reprezentanţi din familiile *Pinaceae : Picea abies*, *Pinus silvestris* şi *Cupressaceae : Thuja orientalis* şi *T. occidentalis* (arborele vieţii), *Cupressus* (chiparosul) etc. La gimnospermele enumerate, ca şi la unele angiosperme, este caracteristică prezenţa *micorizelor*, care nu sînt altceva decît filamente de ciuperci care învelesc ca o pîslă deasă vîrfurile rădăcinilor şi cu care trăiesc în simbioză, îndeplinind funcţiuni importante pentru nutriţia plantelor respective (fig. 106).

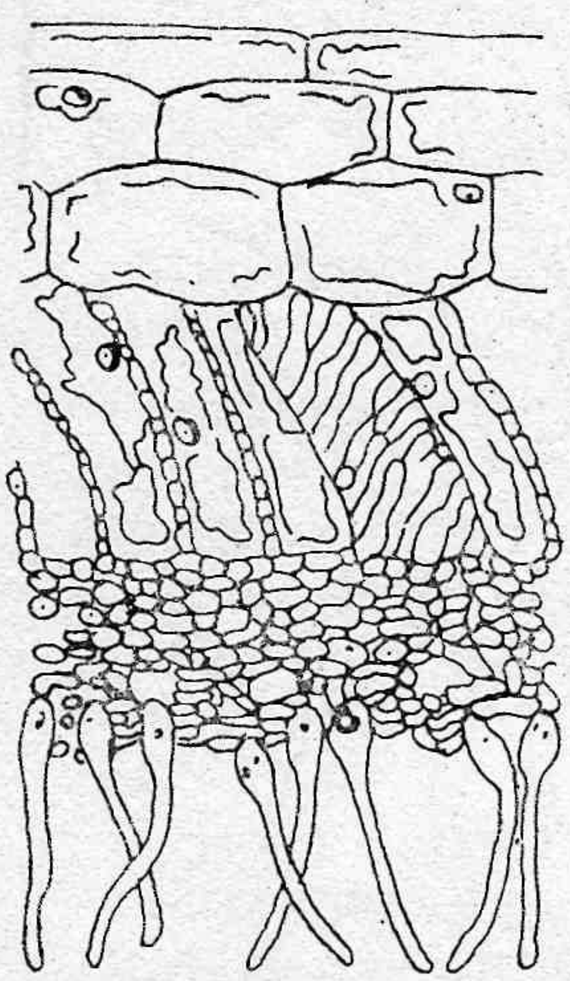


Fig. 106. Porţiune dintr-o secţiune longitudinală prin rădăcină, pentru observarea micorizei ectotrofe (după Strasburger.)

De asemenea, lipsite de regiunea piliferă sînt şi rădăcinile orhidaceelor, bromeliaceelor şi araceelor epifite, plante ce trăiesc pe scoarţa unor arbori şi la care există rădăcini aeriene caracterizate prin prezenţa unui ţesut denumit *velamen radicum* (v. fig. 36, A) de consistenţă spongioasă şi cu însuşirea de a absorbi şi de a reţine apă sub formă de vapori. Celulele acestui ţesut sînt moarte, conţin aer şi au capacitatea de a absorbi apă atmosferică prin perforaţiile pereţilor celulari. Nu-

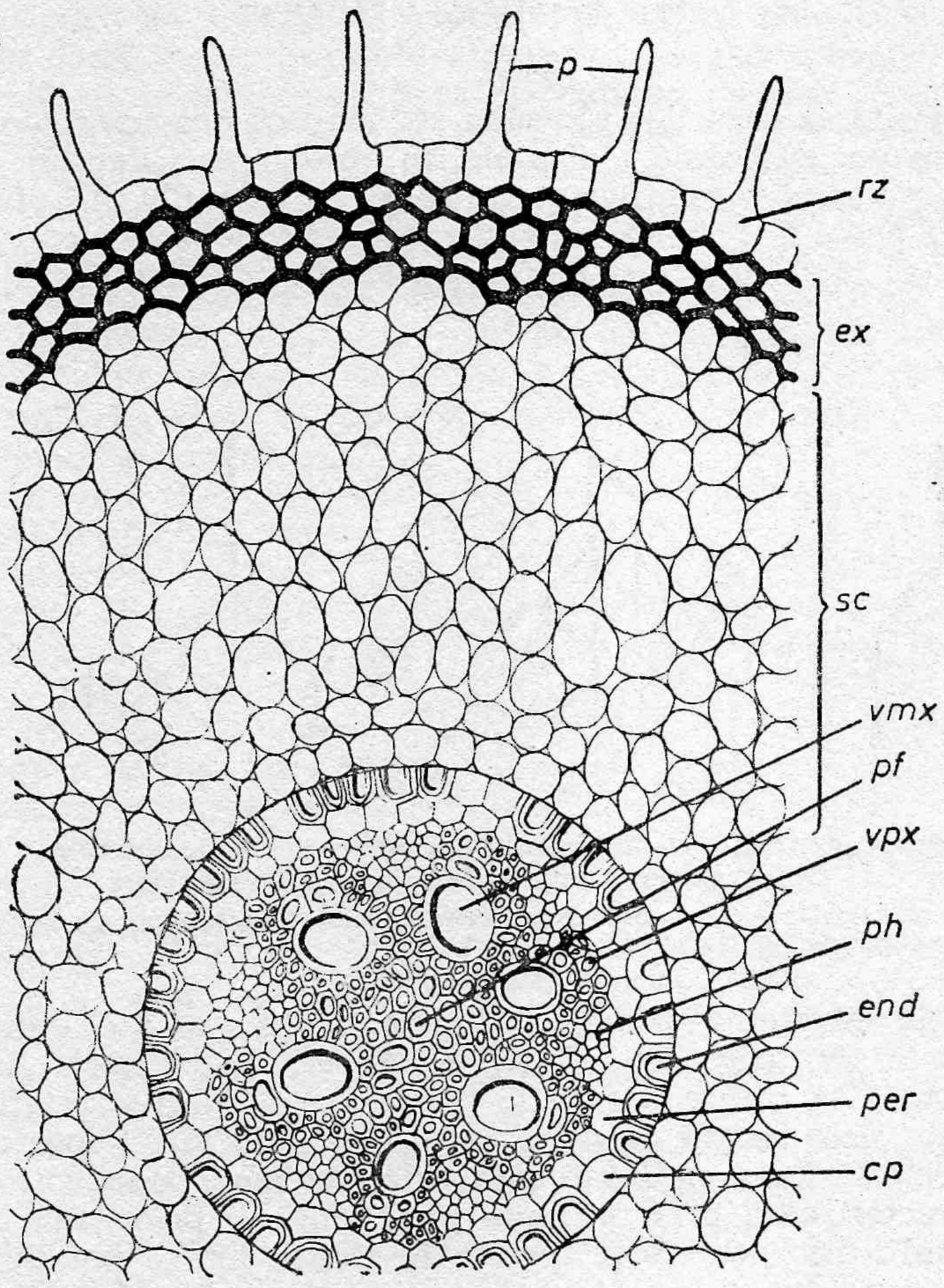


Fig. **107**. Structura primară a rădăcinii de *Iris* sp. (secțiune transversală) :

cp — celulă de pasaj; *end* — endodermă; *ex* — exodermă; *p* — peri absorbanți; *per* — periciclu; *pf* — parenchim fundamental; *ph* — floem (liber); *rz* — rizodermă; *sc* — scoarță; *vmx* — vas metaxilematic; *vpx* — vas protoxilematic (după I. Grințescu).

mărul straturilor de celule din care este format velamenul variază de la specie la specie, de la unul pînă la douăsprezece. Pereții celulelor acestui țesut prezintă îngroșări suberificate, spiralate sau reticulate.

În sfîrșit, după regiunea piliferă urmează *regiunea aspră,* care se întinde pînă la colet (care reprezintă locul de trecere de la structura rădăcinii la cea a tulpinii) ; această regiune este lipsită de peri și mai este cunoscută sub numele de regiunea perilor uscați și distruși. În această regiune structura rădăcinii este de asemenea definitivă ; aici are loc o suberificare a pereților celulelor rizodermei, precum și a primelor straturi de celule imediat următoare acestora, formîndu-se astfel *exoderma* sau *cutisul* (fig. 107). La *Pteridophyta* fiecare rădăcină, care este totdeauna adventivă, prezintă o scufie, o regiune piliferă și o regiune aspră.

4.6.1.1. RAMIFICAREA RĂDĂCINII

În majoritatea cazurilor rădăcina se ramifică deasupra zonei pilifere, începînd din partea bazală a acesteia, în apropierea coletului. Foarte rar se întîlnesc rădăcini neramificate ; un astfel de exemplu ni-l oferă *Lemna.* Ramificarea poate fi dichotomică și monopodială. *Ramificarea dichotomică* reprezintă cel mai simplu și mai vechi sistem de ramificare, care este

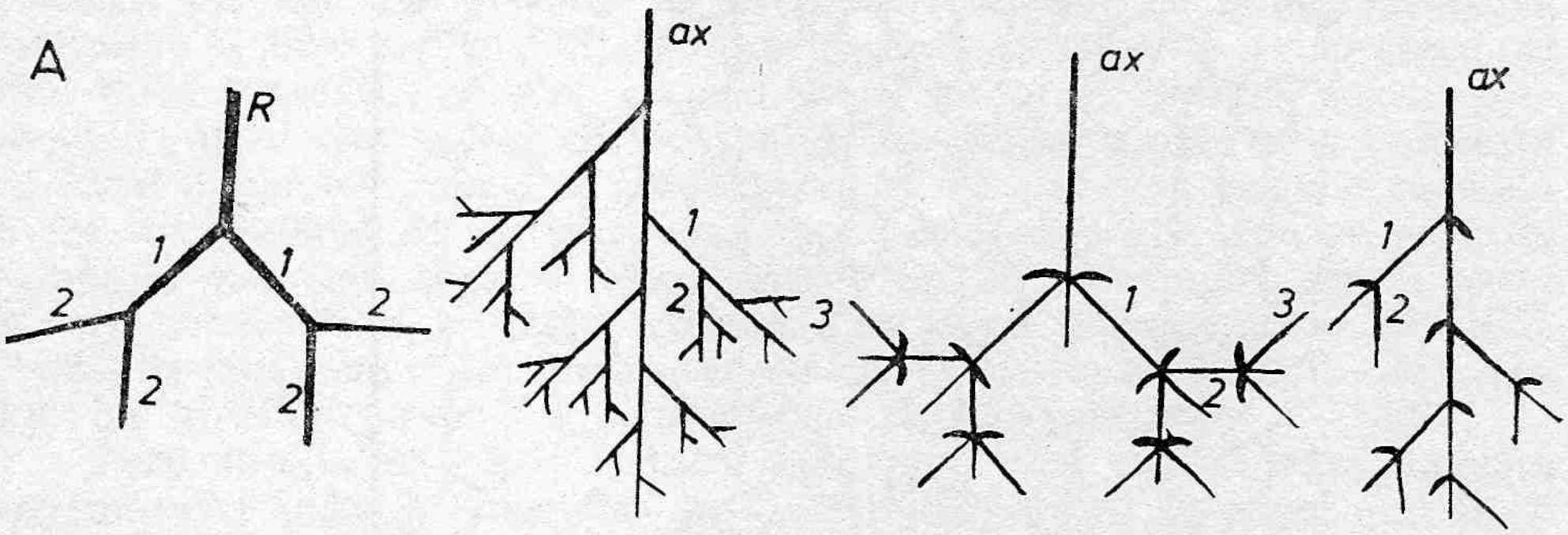


Fig. **108.** Schema ramificării dichotomice a rădăcinii de *Lycopodium* sp. (*A*) și a ramificării monopodiale de la *Spermatophytae* (*B*) :

R — rădăcină principală; *1, 2* — succesiunea ramificațiilor dichotomice; *ax* — axa principală; în *B*, *1—3* — radicele de diferite ordine (*A* : după I. Grințescu; *B* : după I. Ciobanu).

relativ puțin răspîndit astăzi și anume la cîteva pteridofite : *Lycopodium* (brădișor) (fig. 108, A) și) *Selaginella* (struțișor). Această ramificare constă în bifurcarea de la început a vîrfului vegetativ în două ramuri egale, care se pot ramifica în același mod mai departe. Cea mai frecventă ramificare a rădăcinii însă este cea *monopodială* (fig. 108, B), care se caracterizează prin prezența unei rădăcini principale de pe care pornesc ramificații laterale și acestea la rîndul lor se pot de asemenea ramifica, rezultînd astfel ramificații de diferite ordine. În felul acesta ia naștere un sistem radicular în care ramificațiile laterale de orice ordin sînt cunoscute sub numele de *radicele.*

4.6.1.2. ORIGINEA RADICELELOR ȘI A RĂDĂCINILOR ADVENTIVE

Radicelele au întotdeauna origine endogenă și prezintă, ca și rădăcina principală, caliptră, zonă netedă, zonă piliferă și zonă aspră.

La *Pteridophyta,* locul de origine a radicelelor îl constituie celulele inițiale ale endodermei, ca de exemplu la *Equisetaceae.*

La *Spermatophyta,* radicelele se formează (conform părerii emise de cei mai mulți autori) din periciclu (fig. 109), numit încă și pericambiu

La *Dicotyledonatae,* formarea radicelelor începe cu alungirea radiară a unor celule periciclice, denumite și rizogene ; acestea sînt parenchimatice, dar suferă o serie de diviziuni care le transformă în celule meristematice. Respectivele celule sînt situate de regulă în fața fasciculelor de

lemn și diviziunea lor începe prin apariţia de pereţi periclinali, în urma căreia rezultă două arcuri de celule suprapuse. Celulele interne, rezultate în urma diviziunii, constituie originea pleromului, iar cele externe se divid din nou, descendentele lor externe (superioare) dînd naștere dermatogenului și caliptrogenului, iar cele interne (inferioare), periblemului.

Diviziunile repetate ale acestor prime celule conduc la formare *primordiului radicelei*. Acesta, datorită înmulţirii celulelor și creșterii lor, tinde să iasă din rădăcina mamă, distrugînd ţesuturile corticale de la exteriorul lui. Distrugerea ţesuturilor corticale are loc datorită unor enzime prezente în celulele externe ale primordiului radicelar ; în felul acesta primordiul radicelar iese la suprafaţa rădăcinii, fiind apărat de scufie.

La *Monocotyledonatae*, modul de formare a radicelelor diferă întrucîtva faţă de cel anterior, în sensul că celulele descendente externe ale primordiului produc numai caliptrogenul, iar celula cea mai externă din straturile următoare produce lateral, prin diviziuni ulterioare, dermatogenul și periblemul ; în centrul primordiului radicelar se formează, ca și la dicotiledonate, pleromul.

Și într-un caz și în altul, conform teoriei „histogenelor“ (emisă de Hanstein), din caliptrogen rezultă calip-
tra sau scufia (care protejează apexul noii radicele) ; din dermatogen, rizoderma ; din periblem, scoarţa ; din plerom, cilindrul central.

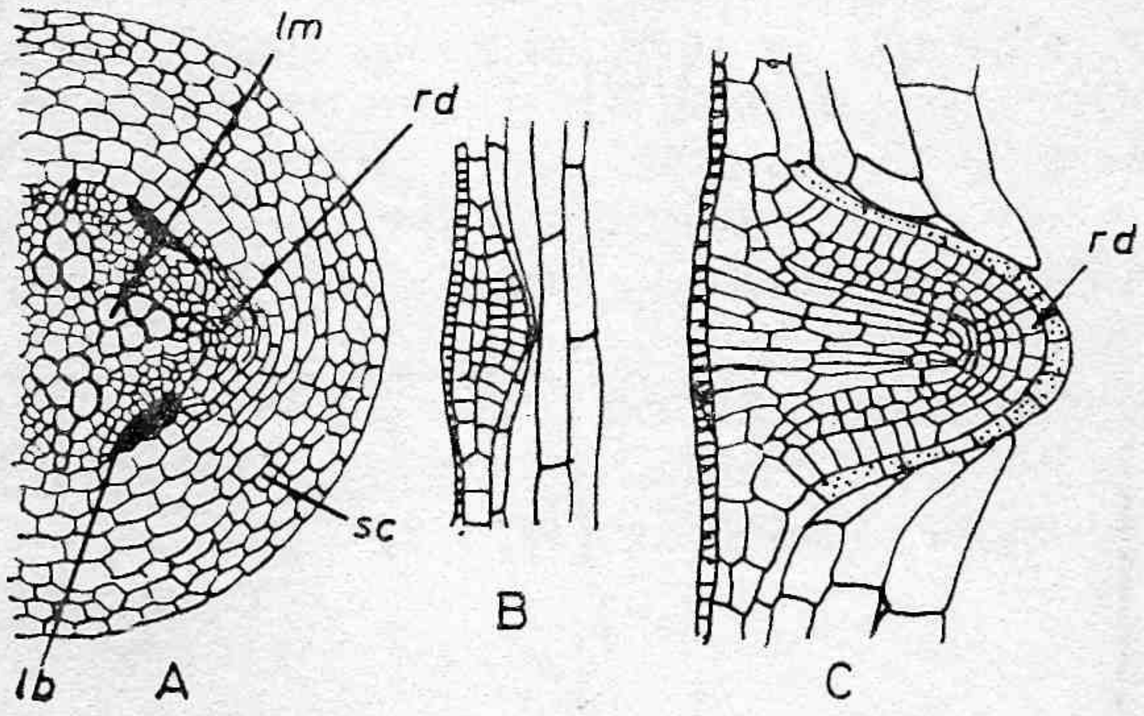


Fig. **109.** Originea și dezvoltarea radicelelor (*A* — *Vicia faba* — secțiune transversală ; *B, C* — *Reseda* sp. — secțiune longitudinală) :
lb — liber; *lm* — lemn; *rd* — radicelă; *sc* — scoarță (după Strasburger).

Unii autori consideră că formarea radicelelor din periciclu ar avea loc, cu sau fără participarea altor ţesuturi, în două moduri :

a) În cazul cel mai frecvent (ex. *Coniferales, Fagopyrum* — hrișca, *Ricinus, Raphanus, Daucus* (fig. 110), *Helianthus, Zea* ș.a.), primordiile radicelare iau naștere exclusiv din periciclu, la un nivel unde celulele endodermei prezintă deja cordoanele sau punctele lui Caspary, deci departe de apex ; creșterea primordiului radicelar nu este însoţită deci de diviziuni celulare nici în endodermă, nici în parenchimul cortical. În cursul creșterii sale, primordiul își deschide drum de ieșire prin dislocarea pe cale traumatică a celulelor din endodermă și din parenchimul cortical.

b) În al doilea caz (ex. *Leguminosae, Cucurbitaceae*), primordiul radicelar ia naștere într-o regiune situată aproape de apex, unde celulele endodermei nu prezintă încă îngroșările lui Caspary. Primordiul se formează prin diviziunea celulelor din periciclu (care vor da pleromul), endodermă și straturile interne ale parenchimului cortical. Ieșirea tinerei radicele din rădăcina mamă se face prin separarea, pe cale traumatică, a straturilor de parenchim cortical care nu au participat la formarea primordiului ; așadar, ca și în primul caz, conform acestei păreri nu are loc nici o digerare a ţesuturilor ce stau în calea primordiului radicelar.

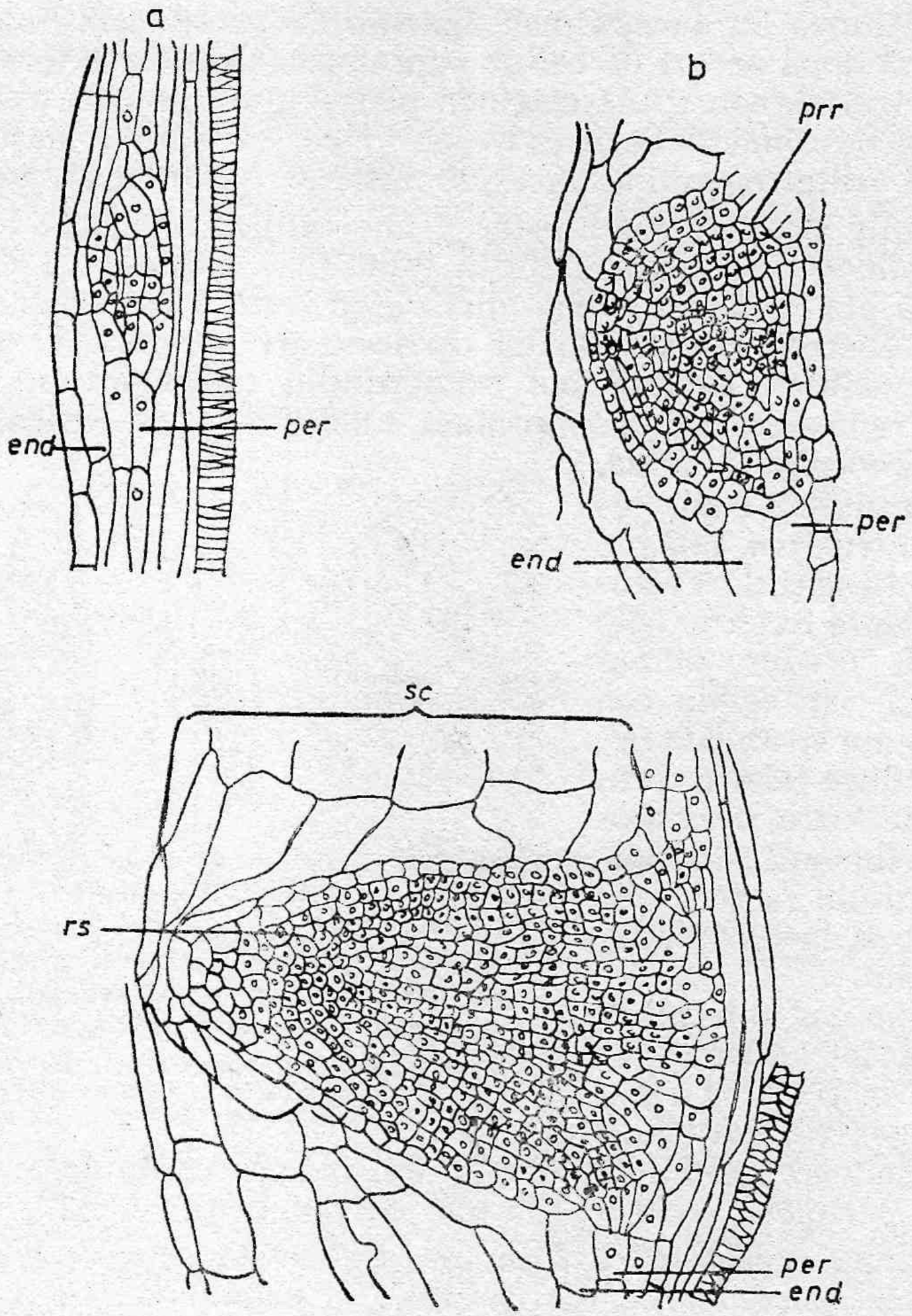


Fig. **110.** Formarea radicelelor la *Daucus carota* (*a*, *b*, *c* — stadii diferite) :

end — endodermă; *per* — periciclu; *prr* — primordiu radicelar; *rs* — rădăcină secundară (radicelă); *sc* — scoarță (după Camefort)

În ambele cazuri discutate, celulele rizogene (periciclice) sînt situate în fața fasciculelor de lemn dacă numărul acestora este superior lui 2 ; este dispoziția numită *izostihă*, în care numărul șirurilor longitudinale (ortostihurilor) de radicele corespunde numărului de fascicule conducătoare lemnoase. Cînd numărul fasciculelor scade la 2 sau sub 2, se formează nu cîte unul, ci cîte două radicele de fiecare fascicul lemnos ; în acest caz celulele rizogene (periciclice) sînt situate de o parte și de alta a fiecărui fascicul lemnos, în general între fasciculul de lemn și cel de liber. Aceasta este dispoziția *diplostihă* a radicelelor. Foarte rar perechile de radicele se află în fața fasciculelor de liber, așa cum este cazul la *Umbelliferae*, unde în fața fasciculelor de lemn se află canale glandulare.

Rădăcinile adventive de pe tulpini, la *Spermatophyta* se pot forma din hipocotil sau din internodurile de mai sus, însă cel mai adesea la noduri. În mod obișnuit se formează în fața spațiilor interfasciculare, pe seama periciclului. Rădăcini adventive produc mai ales plantele acvatice sau palustre, stolonii, rizomii sau bulbii plantelor de uscat, la care periciclul se află sub endoderma tipică.

Rădăcinile adventive au, cel mai adesea, tot origine *endogenă*, putînd proveni din periciclu (*Zea, Holcus*), din razele aflate între periciclu și cambiu (*Tropaeolum, Lonicera*), din liberul secundar nediferențiat, situat în poziție interfasciculară, cu participarea cambiului (*Rosa*), din cambiul interfascicular, cu participarea periciclului (*Portulaca* — iarbă grasă) sau, mai rar, din liberul (*Begonia*) ori măduva diferențiată (*Portulaca*).

La *Nymphaeaceae*, precum și la unele specii parazite ori saprofite, rădăcinile adventive iau naștere pe cale *mezogenă* (adică pe seama straturilor corticale externe) sau chiar *exogenă*, derivînd din epiderma mugurilor sau a hipocotilului, cu participarea celulelor corticale hipodermice (de ex. multe *Cruciferae : Rorippa austriaca* (gălbenea), *Cardamine pratensis* (stupitul cucului) ș.a.

Pe frunze sau cotiledoane, rădăcinile adventive provin din meristemul persistent, din epidermă sau din parenchimul perifascicular.

La rădăcinile lignificate, originea radicelelor și a rădăcinilor adventive este mai profundă (în felogen sau cambiu).

4.6.1.3. TIPURI MORFOLOGICE DE RĂDĂCINI

După locul în care cresc se cunosc trei categorii de rădăcini și anume : *subterane, acvatice* și *aeriene*.

După gradul de dezvoltare a ramificațiilor față de rădăcina principală rădăcinile subterane pot fi, de asemenea, de trei tipuri și anume : *pivotante, rămuroase* și *fibroase* sau *fasciculate*.

a) Rădăcinile pivotante (fig. 111) sînt acelea la care rădăcina principală are forma unui pivot sau țăruș, care se fixează în profunzime și este mult mai dezvoltată decît ramificațiile sale, ca de exemplu la *Taraxacum officinale, Capsella bursa pastoris* (traista ciobanului), *Abies, Pinus*. La unele specii, ca de exemplu la *Pinus silvestris*, adaptat să ducă o viață în mediul secetos, există un aparat radicular care îi permite să extragă apa din straturile profunde ale solului, ca și pe aceea care îmbibă particulele superficiale și care rezultă din căderile de ploaie. Astfel, aparatul radicular prezintă o rădăcină pivotantă puternică, cu creșterea verticală, care pătrunde la adîncimi mari în sol și rădăcini cu creștere orizontală, formate foarte aproape de suprafața solului, care drenează apa superficială. În acest caz se spune că sistemul radicular este de tip *pivotant-trasant*.

b) Rădăcinile rămuroase sînt ramificații de ordin secundar, care întrec uneori în lungime și chiar grosime rădăcina principală, ca de exemplu la *Picea abies* (fig. 112), *Ricinus communis*, fiind caracteristice în general arborilor din pădurile de foioase, precum și pomilor fructiferi.

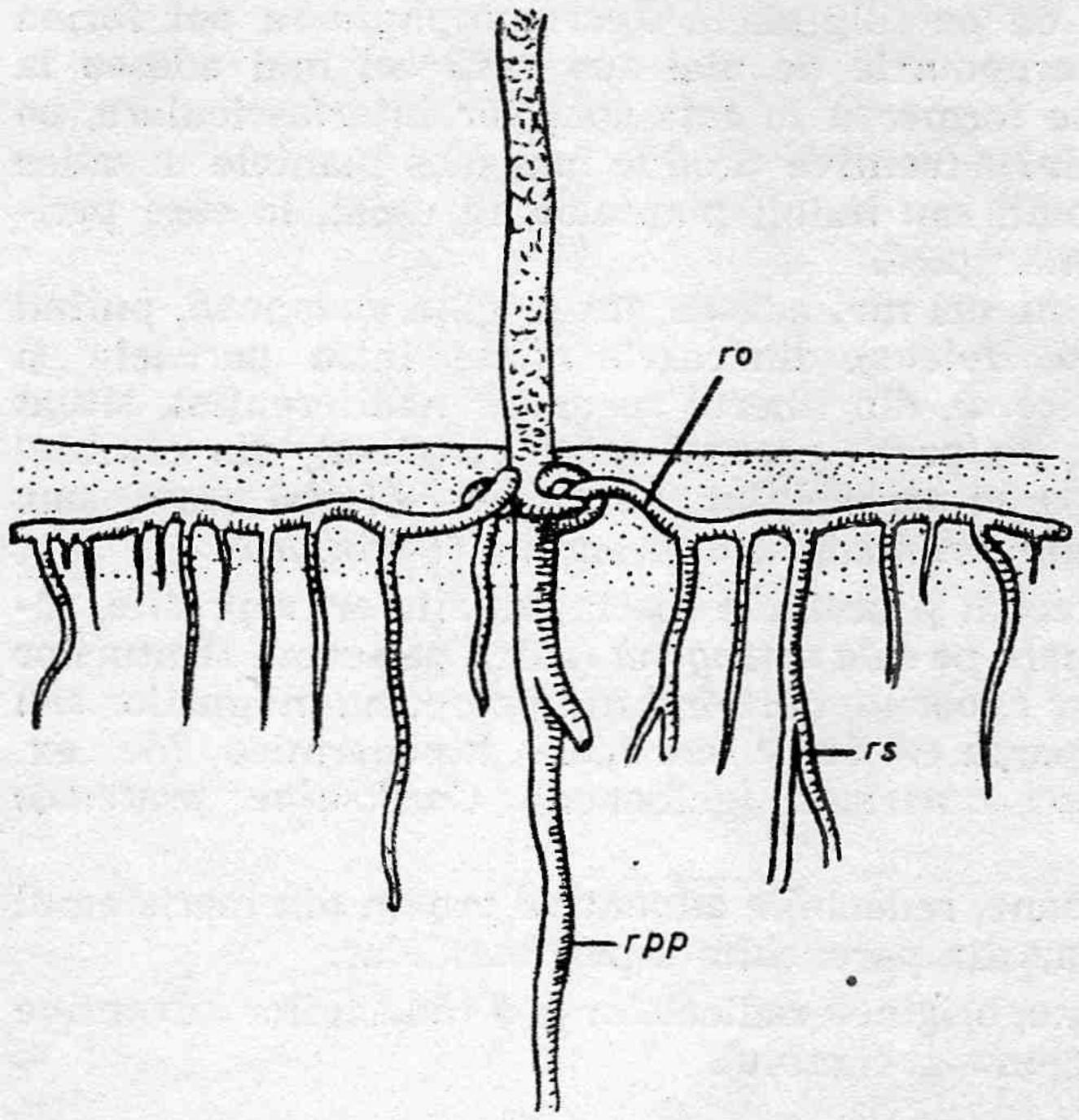


Fig. **111.** Creșterea și ramificarea rădăcinilor la *Medicago sativa*, ca adaptare la funcția de absorbție :

ro — rădăcini orizontale; *rpp* — rădăcină principală pivotantă; *rs* — rădăcini secundare (după C a m e f o r t).

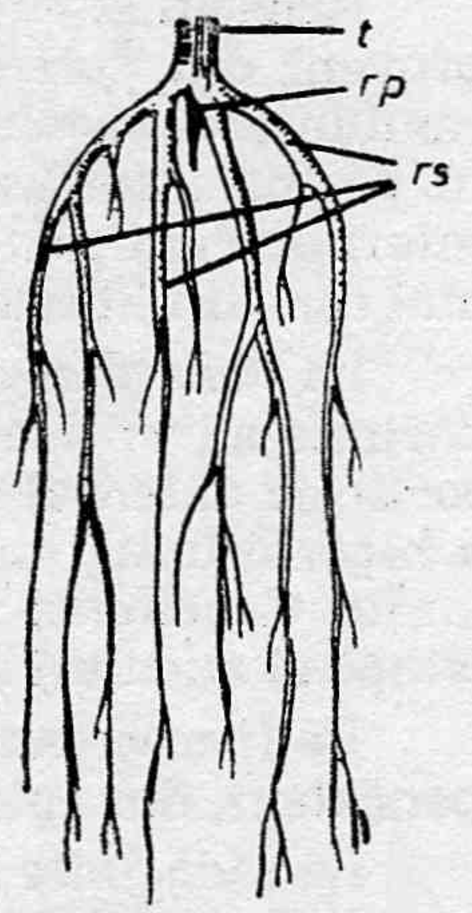


Fig. **112.** Tip de rădăcină rămuroasă la *Picea abies* :

rp — rădăcină principală; *rs* — rădăcini secundare; *t* — baza tulpinii (după I. G r i n ț e s c u).

c) Rădăcinile fibroase sau fasciculate sînt caracteristice monocotiledonatelor ; ele pătrund mai puțin în profunzimea solului, dar se întind mai mult în acesta. În cazul respectiv, rădăcina principală moare de timpuriu, iar în locul ei, pornind de la nodurile bazale ale tulpinii, se formează rădăcini adventive, care atît ca lungime, cît și ca grosime au aceeași dezvoltare, apărînd ca un mănunchi sau fascicul, de unde li se trage și numele (fig. 113).

Rădăcinile adventive sînt rădăcini care apar oriunde pe corpul plantei, dar nu pe alte rădăcini. Ele se formează de obicei tot endogen, așa cum se diferențiază și radicelele și anume din țesuturi definitive sau embrionare. Apar mai cu seamă la noduri, pe tulpini tîrîtoare aeriene sau stoloni, ori pe tulpini subterane, ca de exemplu pe rizomi și bulbi ; mai apar, adesea, acolo unde tulpinile sînt rănite, mai ales dacă ele se află într-un mediu umed. Din punct de vedere morfologic și fiziologic nu se deosebesc întru nimic de rădăcinile normale.

Rădăcinile adventive au mare importanță în ceea ce privește hrănirea și fixarea plantelor respective. Numeroase plante posedă însușirea de a forma ușor rădăcini adventive. Acest fapt este folosit în pomicultură, silvicultură și floricultură pentru a înmulți cu ușurință plantele, ca de exemplu : *Salix*, *Vitis*, *Fragaria* (fragi), *Pelargonium*, *Begonia* și altele. Aplicațiile practice sînt cunoscute sub denumirea de *butășire* și *marcotaj*.

Rădăcinile cerealelor sînt încadrate în categoria celor *fibroase* sau *fasciculate*. La acest tip de rădăcini se cunosc două feluri de ramificaţii : unele terminale, care în general sînt subţiri şi servesc la absorbţia substanţelor hrănitoare, fiind numite pentru aceasta şi rădăcini *absorbante*, altele mai groase, care servesc la conducerea substanţelor hrănitoare absorbite cu ajutorul ultimelor ramificaţii şi sînt numite rădăcini *conducătoare*. Aceste rădăcini, care sînt adventive, se dezvoltă în raport cu umiditatea şi cu sărurile nutritive ce se găsesc în sol. De remarcat este faptul că rădăcinile absorbante se formează în stratul cel mai bogat în apă şi săruri nutritive. Ţinînd seama de aceasta, lungimea rădăcinilor variază în raport cu adîncimea pînă la care solul respectiv are umiditatea şi sărurile nutritive necesare dezvoltării plantelor.

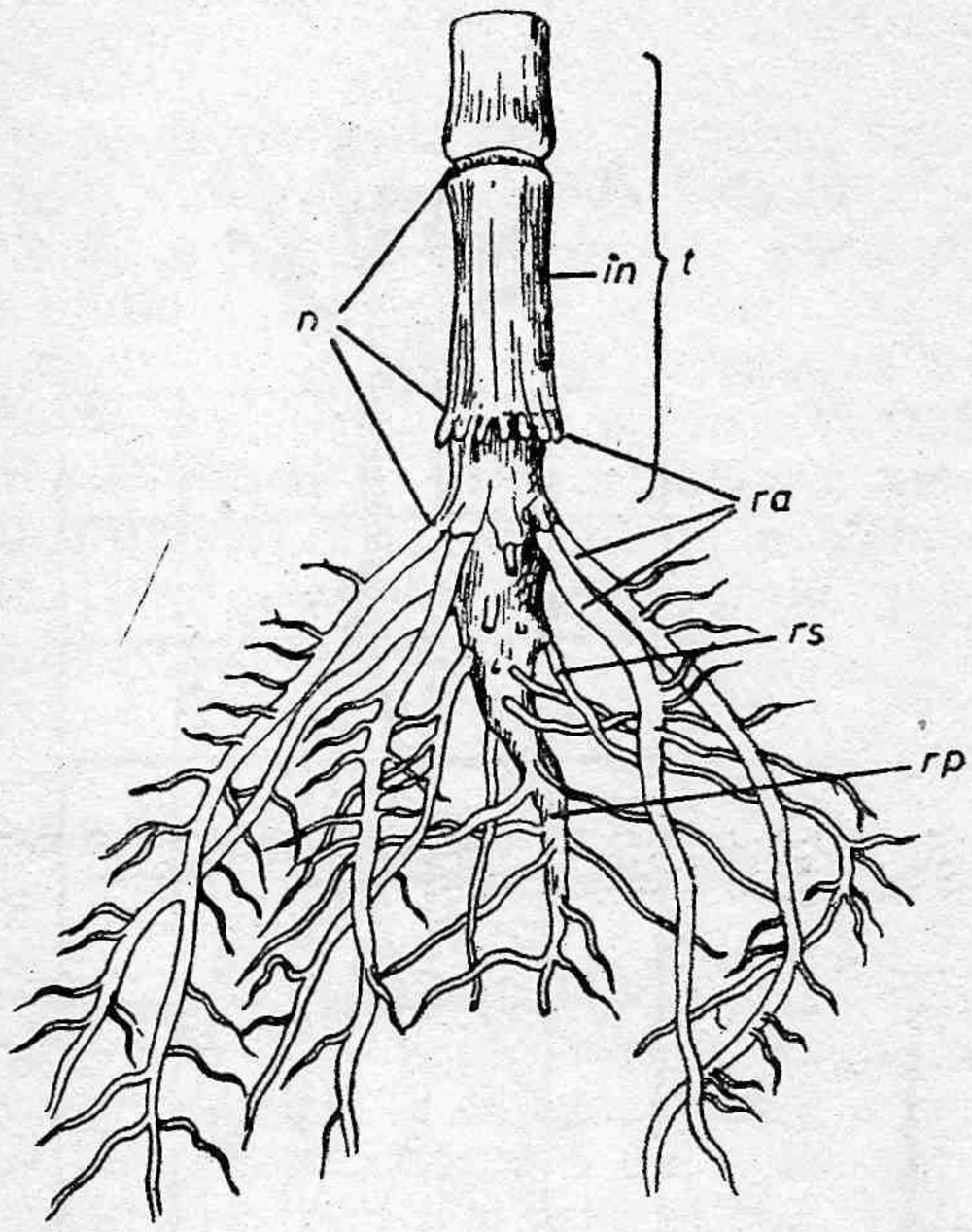


Fig. **113.** Sistemul radicular la *Zea mays* : *in* — internod; *n* — noduri; *ra* — rădăcini adventive; *rp* — rădăcină principală; *rs* — rădăcini secundare; *t* — baza tulpinii (după K a u s s m a n n).

Adîncimea la care pătrunde sistemul radicular în sol depinde de specia de plante, fiind totodată în funcţie de condiţiile mediului înconjurător şi de metodele de influenţare artificială asupra creşterii plantelor (fig. 114). Astfel, se ştie că pinul *(Pinus silvestris)* poate creşte în diferite regiuni. Adîncimea pînă la care pătrunde sistemul lui radicular depinde de tipul de sol, de umiditate şi de distribuţia substanţelor minerale din sol. Ţinînd seama de acest fapt, se înţelege că pinul ce va creşte pe un sol nisipos, aerisit, va dezvolta o rădăcină pivotantă ce pătrunde adînc în sol, pînă la 5 m ; cel ce va creşte în locuri mlăştinoase, va dezvolta rădăcini foarte ramificate în sens orizontal, în părţile superficiale ale solului.

Viţa de vie (*Vitis*) reprezintă un alt exemplu la care în sistemul radicular se deosebesc două categorii de rădăcini şi anume : rădăcini care cresc orizontal, permiţînd folosirea unui volum mare de sol şi care sînt la suprafaţă, şi rădăcini care au creşterea verticală, pătrunzînd în adîncime, folosind apa freatică.

Rădăcinile pot prezenta uneori muguri, ca la *Robinia* (salcîm), *Populus, Tilia, Syringa* (liliac), prin care plantele se înmulţesc vegetativ, deoarece din aceştia se dezvoltă lăstari aerieni denumiţi şi *drajoni*. Procesul acesta de formare a tulpinilor se numeşte *drajonare* şi are o importanţă practică deosebită în cazul plantelor cu valoare horticolă, ele fiind înmulţite în felul acesta pe cale vegetativă.

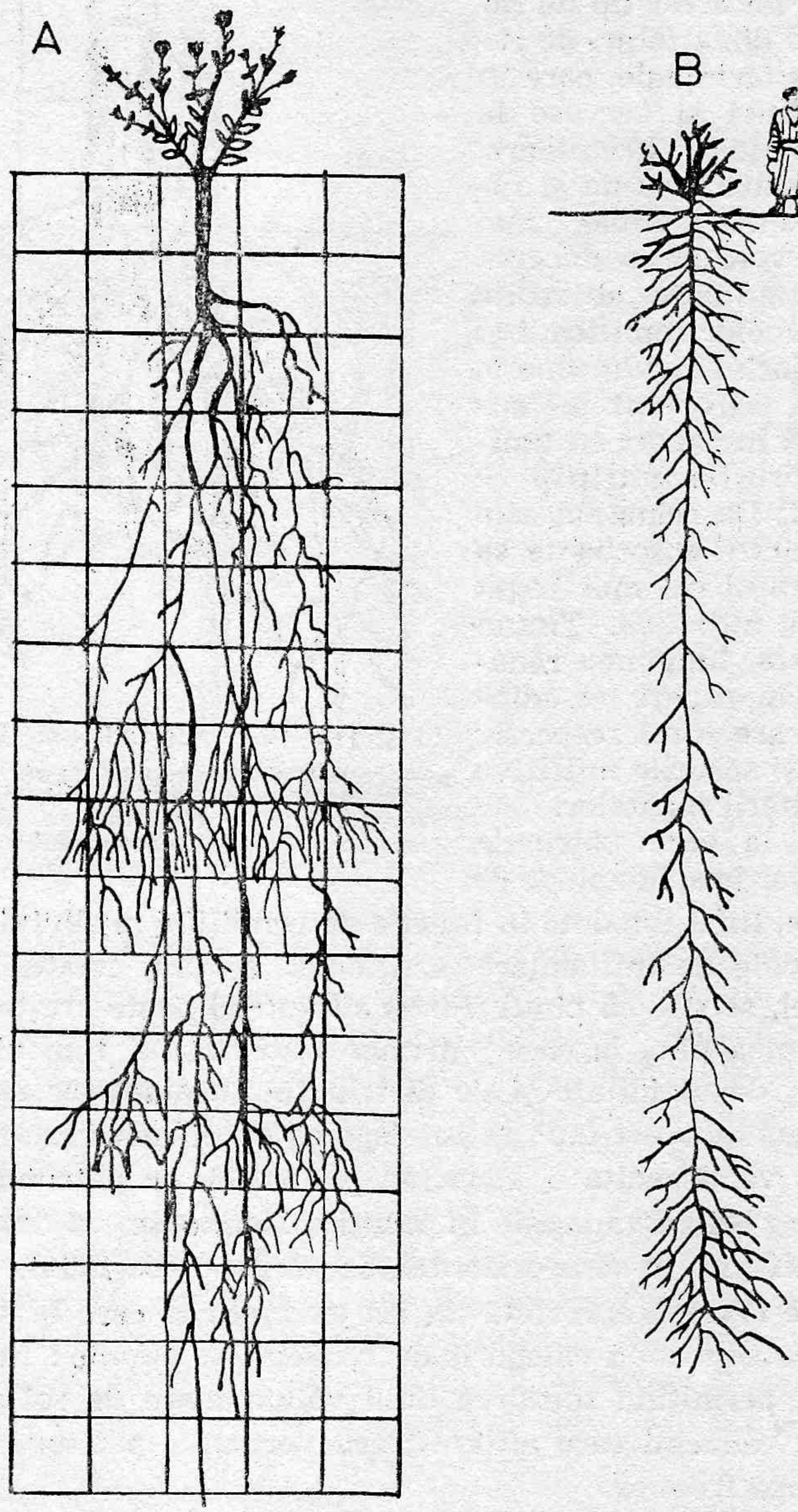


Fig. **114.** Gradul de dezvoltare a sistemului radicular la *Kuhnia glutinosa* (*A*) și *Alhagi camelorum* (*B*) (*A* : după I. Grințescu; *B* : după Komarov).

4.6.2. ANATOMIA RĂDĂCINII

În cursul dezvoltării sale rădăcina poate prezenta două structuri succesive : *structura primară*, realizată la o vîrstă tînără, plecînd de la meristemul terminal și *structura secundară*, ce asigură creșterea în grosime, prin funcționarea felogenului și a cambiului.

Dacă structura primară nu are decît o existență tranzitorie, ca la *Gymnospermae* și multe *Dicotyledonatae*, elementele care o compun sînt puțin numeroase și puțin diferențiate. Dimpotrivă, dacă structura primară persistă în timpul întregii vieți a plantei, cum este cazul la *Monocotyledonatae*, *Pteridophyta* și unele *Dicotyledonatae*, ea prezintă, evident, caractere de diferențiere mult mai accentuate.

4.6.2.1. STRUCTURA PRIMARĂ A RĂDĂCINII

Această structură ia naștere din activitatea meristemelor situate apical și poate fi descrisă urmărind-o într-o secțiune transversală făcută la nivelul regiunii perilor radiculari. În această regiune de specializare a celulelor se disting trei zone anatomice importante, pornind de la exterior spre interior, și anume : rizoderma, scoarța și cilindrul central (fig. 115). În cele ce urmează vom prezenta structura tipică a rădăcinii la cormofite.

Rizoderma (de la gr. *rhiza*=rădăcină și *derma*=piele) nu este altceva decît epiderma rădăcinii ; ea prezintă din loc în loc *trihoblaste*, adică celule mai mici decît restul celulelor din rizodermă, cu o citoplasmă mai densă și un conținut mai bogat în acid ribonucleic. Aceste celule generează *perii radiculari* sau *absorbanți*, de forme diferite, care variază după mediul în care se dezvoltă planta. Astfel, perii absorbanți care se formează pe rădăcini ce trăiesc într-o atmosferă umedă sînt de obicei cilindrici și perpendiculari pe suprafața rădăcinii. Perii absorbanți care se formează pe rădăcinile fixate în sol au o formă neregulată și sînt uneori chiar ramificați. Rizoderma, cunoscută și sub numele de *epiblemă*, este alcătuită dintr-un singur strat de celule parenchimatice, cu pereții externi subțiri, lipsite de cuticulă și stomate. Rizoderma este de scurtă durată, ea fiind înlocuită în regiunea aspră de *exodermă* sau *cutis*, care este formată din celule suberificate și care se diferențiază din primele straturi de celule ale scoarței. Exoderma poate lipsi la rădăcinile plantelor acvatice, precum și la acelea ce prezintă micorize.

Scoarța este pluristratificată, mult mai groasă în comparație cu cilindrul central și formată din celule parenchimatice, cu pereți de regulă subțiri, celulozici. Între celule rămîn vizibile spații cu aer, iar conținutul este bogat în substanțe de rezervă, mai adesea grăuncioare de amidon.

La cele mai multe plante scoarța este diferențiată în trei subzone : *exoderma*, *parenchimul cortical* și *endoderma*.

Exoderma (strat suberos, suberoid, cutis) reprezintă primul sau primele 2—4 straturi de celule hipodermice, care adesea își suberifică (iar uneori chiar lignifică) pereții și devin impermeabile pentru apă și gaze, avînd rol protector mai ales la nivelul regiunii aspre ; exoderma lipsește la *Pteridophyta*.

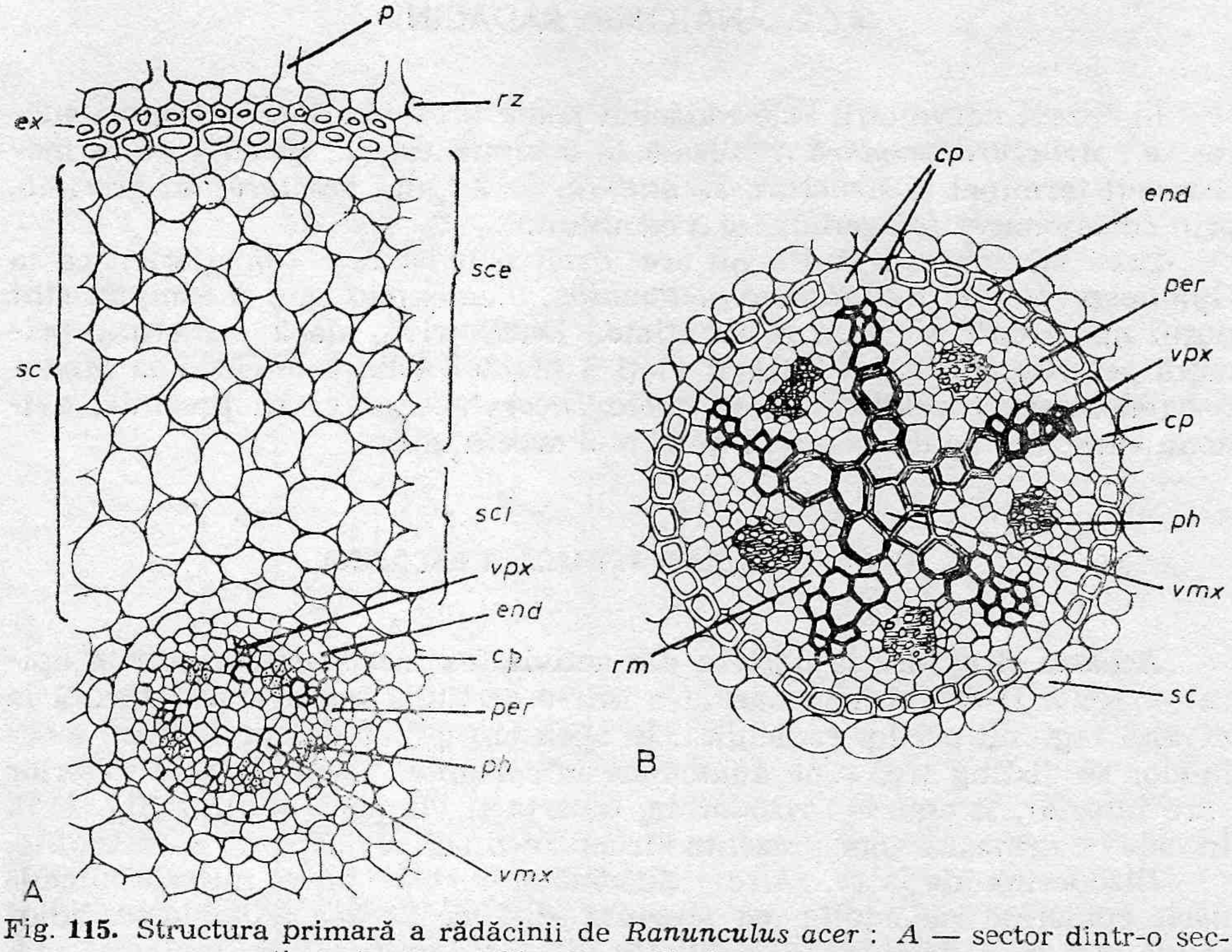


Fig. **115.** Structura primară a rădăcinii de *Ranunculus acer* : *A* — sector dintr-o secțiune transversală ; *B* — cilindru central, mărit :

cp — celule de pasaj; *end* — endodermă; *ex* — exodermă; *p* — păr absorbant; *per* — periciclu; *ph* — floem (liber) ; *rm* — rază medulară; *rz* — rizodermă; *sc* — scoarță; *sce* — scoarță externă; *sci* — scoarță internă, *vmx* — vase metaxilematice; *vpx* — vase protoxilematice (după I. G r i n t e s c u).

La multe xerofite și epifite, unele celule exodermice sînt vizibil mai mici și rămîn multă vreme cu pereții nesuberificați, numindu-se *celule de pasaj* sau de *comunicație*.

Parenchimul cortical constituie partea cea mai groasă a scoarței, celulele lui fiind bogate în substanțe nutritive de rezervă, cum ar fi amidonul sau inulina. La unele rădăcini, în loc de substanțe de rezervă, se găsesc cloroplaste ; este vorba de rădăcinile aeriene, care sînt asimilatoare, ca de exemplu la *Taeniophyllum zollingeri*. În scoarța din rădăcinile plantelor care cresc în locuri cu umiditate ridicată sînt numeroase spații intercelulare, ca de exemplu la rădăcina de la *Oryza sativa* (orez).

Endoderma este stratul cel mai intern al scoarței, adesea cu modificări speciale. În secțiune transversală se observă un șir de celule prismatice, dispuse regulat, alungite în sensul lungimii rădăcinii, formînd un fel de inel ; în cazuri mai rare ea este bistratificată, ca la *Smilax*, *Schizandra* ș.a. Celulele conțin adesea amidon, tanin, mucilagii și chiar cristale minerale. Pe pereții radiari ai celulelor endodermice se depune și o substanță încă prea puțin cunoscută, asemănătoare suberinei sau ligninei ; după V a n F l e e t (1961), se pare că substanța respectivă ar fi o combinație de substanțe fenolice și substanțe grase nesaturate.

Pe baza conformaţiei particulare a peretelui celular se disting trei faze în dezvoltarea endodermei, faze care însă nu se succed întotdeauna la aceeaşi plantă.

E n d o d e r m a p r i m a r ă este formată din celule cu îngroşările sau cordoanele lui Caspary ; acestea sînt nişte benzi în pereţii radiari, impregnate cu o substanţă chimică ce aminteşte de suberină şi lignină, de care s-a menţionat mai sus ; în secţiune transversală prin rădăcină aceste benzi apar de forma unor îngroşări circulare sau eliptice, separate de lamela mediană, alcătuind punctele lui Caspary (v. fig. 47, D). Îngroşările lui Caspary blochează porii pereţilor celulari. La nivelul îngroşărilor citoplasma aderă strîns de perete ; cînd are loc plasmoliza celulelor endodermice, conţinutul lor se dezlipeşte de perete, afară de acela din dreptul îngroşărilor. Acest fapt este foarte important, deoarece substanţele absorbite de rădăcină traversează obligatoriu citoplasma celulelor vii ale endodermei, pentru a pătrunde în cilindrul central numai în sens radiar. Într-adevăr, este imposibilă trecerea lor prin peretele impermeabil la nivelul îngroşărilor.

Formarea acestui tip de endodermă are loc la începutul dezvoltării tinerei plantule. Punctele lui Caspary nu sînt caracteristice exclusiv pentru endodermă, ci uneori şi pentru exodermă ori chiar pentru alte straturi corticale periferice ale rădăcinii (ex. la *Isoëtes lacustris*).

E n d o d e r m a s e c u n d a r ă are celule cu toţi pereţii uniform şi centripet îngroşaţi, impregnaţi parţial cu o substanţă asemănătoare suberinei (dar din care lipseşte acidul felonic, ca şi în cazul endodermei primare), deci cu permeabilitate redusă, deşi multă vreme conţinutul celular rămîne viu. Din loc în loc, mai ales în dreptul fasciculelor lemnoase, rămîn celule de pasaj, cu pereţii celulozici, care asigură circulaţia apei în direcţie radiară (v. fig. 107). În secţiune longitudinală se observă că celulele de pasaj alternează, pe verticală, cu celelalte celule ale endodermei, deci nu sînt dispuse în serii longitudinale continue. La rădăcinile bătrîne se observă că toate celulele endodermei secundare au pereţii modificaţi din punct de vedere chimic, constituind un strat complet închis, mort.

La unele plante se poate urmări trecerea de la endoderma primară (prezentă în porţiunile mai tinere ale rădăcinii) spre cea secundară (în porţiunile mai bătrîne ale rădăcinii).

E n d o d e r m a t e r ţ i a r ă prezintă celule cu pereţii îngroşaţi şi adesea lignificaţi (celuloza şi lignina depunîndu-se în multe cazuri peste lamele de suberină). Îngroşarea pereţilor celulari poate avea loc uniform şi de jur-împrejur, sau numai pereţii interni şi cei laterali (radiari) se îngroaşă, încît partea îngroşată a celulei are — în secţiune transversală — forma literelor C sau U şi seamănă cu o potcoavă. Prin aceasta endoderma terţiară îndeplineşte şi funcţia mecanică ori protectoare, rezistînd la tracţiunea exercitată de cilindrul central, ca urmare a zbîrcirii lui în cazul cînd vasele de lemn sînt pline cu apă. Ca şi în cazul endodermei secundare, printre celulele cu pereţii îngroşaţi şi lignificaţi, moarte la maturitate, rămîn celule de pasaj, vii, cu pereţi subţiri, celulozici, dispuse în dreptul fasciculelor conducătoare lemnoase (fig. 116).

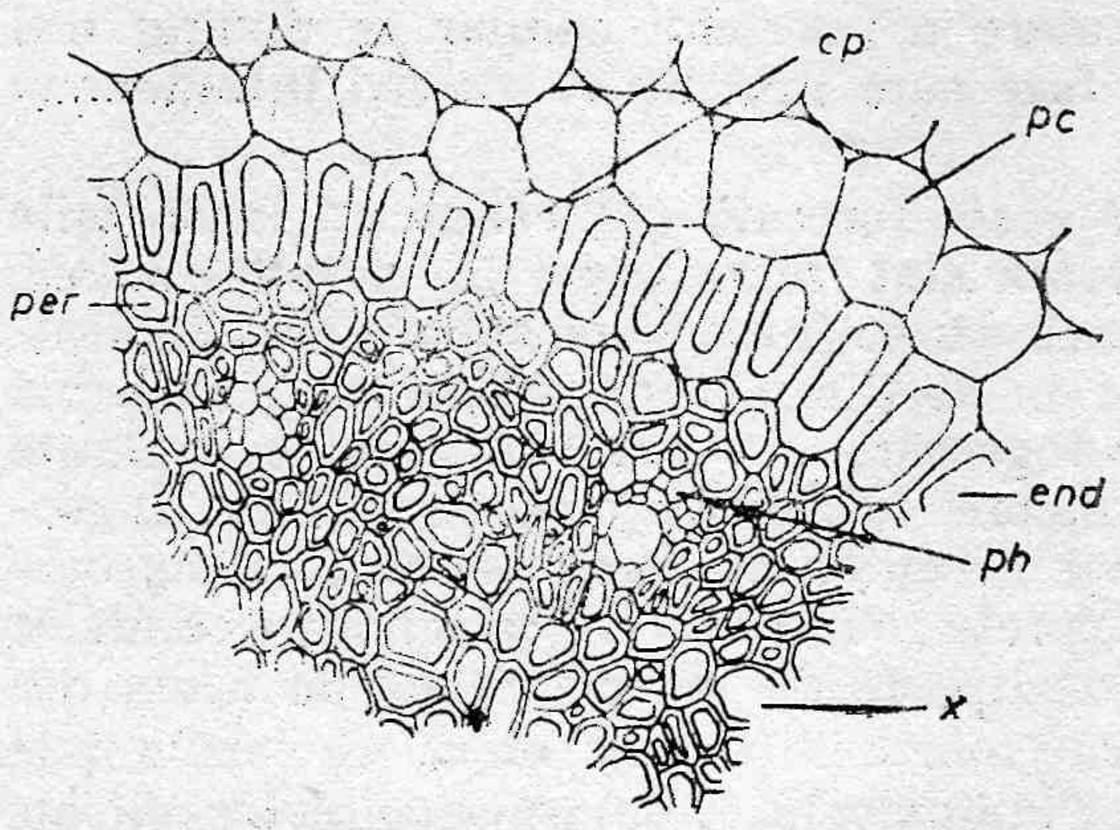


Fig. 116. Structura rădăcinii aeriene de *Phlaenopsis* sp. (secțiune transversală) :

cp — celulă de pasaj; *end* — endodermă; *per* — periciclu; *pc* — parenchim cortical; *ph* — floem (liber) ; *x* — xilem (lemn) (după Kaussmann).

Acest tip de endodermă caracterizează mai cu seamă spermatofitele superioare — monocotiledonatele (cu deosebire cele xerofite și epifite). La plantele hidrofile nu se formează niciodată endodermă de tip terțiar.

Prin dediferențiere, endoderma poate lua uneori parte la formarea primordiilor radicelare. În foarte rare cazuri (ex. la *Cymodocea aequorea),* pe seama dediferențierii endodermei normale, în partea profundă a scoarței se formează țesut endodermic secundar.

Cilindrul central (stelul, în sens larg) reprezintă zona centrală sau axială a rădăcinii, mult mai subțire în comparație cu scoarța. El este format din *periciclu* (la periferie), *fascicule conducătoare* și *măduvă.*

Periciclul, care lipsește la pteridofitele tipice, este unistratificat (celulele lui alternînd cu cele ale endodermei) sau pluristratificat, purtînd și denumirea de pericambiu, putîndu-se local dediferența și îndeplini funcția de țesut meristematic ; pe seama lui se formează radicelele, cambiul, mugurii adventivi și formațiunile libero-lemnoase anormale, laticiferele etc.

Țesutul conducător (stelul, în sens restrîns) este reprezentat prin *fascicule de liber* și *fascicule de lemn,* alternînd unele cu altele, separate între ele prin *raze medulare.* În ambele categorii de fascicule dezvoltarea elementelor conducătoare are loc, de regulă, în sens *centripet* (exarh), la exterior (spre periciclu) aflîndu-se primele vase formate (protofloem, protoxilem), iar spre centrul organului, ultimele (metafloem, metaxilem). Multe monocotiledonate se caracterizează printr-un mod centrifug (endarh) de formare a elementelor de xilem. Lemnul este format din *vase* (traheide și trahee, acestea din urmă fiind proprii angiospermelor) și, uneori, celule de *parenchim lemnos.* Liberul este format din *tuburi ciuruite, celule anexe* (prezente numai la angiosperme) și, uneori, celule de *parenchim liberian.* Liberul se diferențiază înaintea lemnului.

După numărul fasciculelor de lemn (în număr egal cu acela al fasciculelor de liber), structura rădăcinii poate fi :

— *monarhă* (unele pteridofite : specii de *Selaginella, Ophioglossum)* ;

— *diarhă* (multe pteridofite, gimnosperme și dicotiledonate (fig. 117, A) : *Cruciferae, Papaveraceae, Umbelliferae, Solanaceae, Compositae)* ;

— *triarhă* (unele gimnosperme, *Leguminosae : Pisum, Medicago, Lens, Moraceae : Morus) ;*

— *tetrarhă* (multe *Pomoideae,* unele *Ranunculaceae* și *Legumiosae : Phaseolus, Cucurbitaceae, Compositae)* ;

— *poliarhă* (multe conifere, specii de *Citrus, Quercus, Fagus).*

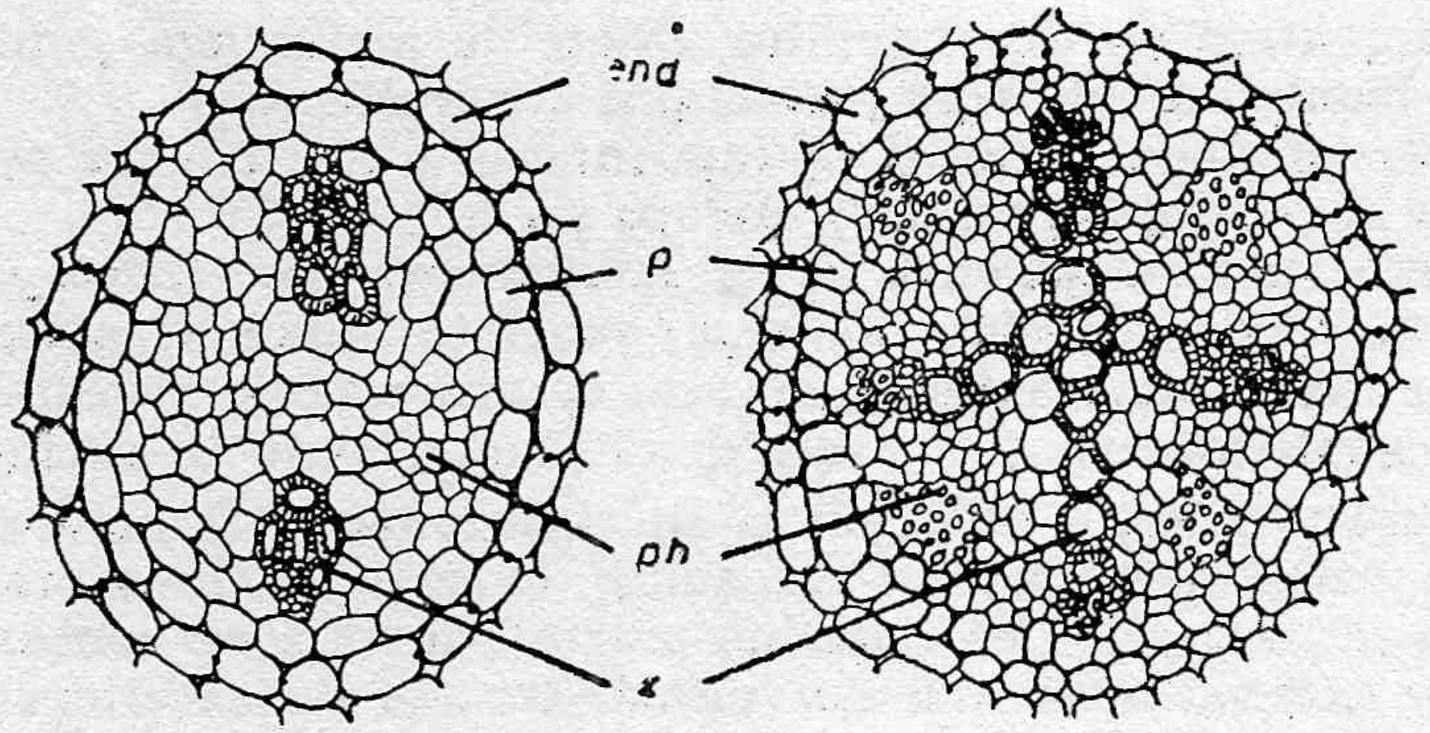


Fig. **117**. Secţiune transversală prin cilindrul central al rădăcini de *Nigella damascena* (*A*) şi *Ranunculus acer* (*B*) :
end — endodermă; *p* — periciclu; *ph* — floem (liber); *x* — xilem (lemn) (după K a u s s m a n n).

La *Monocotyledonatae*, de regulă, numărul fasciculelor de lemn este mai mare de 7, uneori ajungînd la zeci (ex. la *Gramineae*) şi chiar sute (ex. genul *Princeps* dintre *Pandanaceae*).

Numărul de fascicule conducătoare poate varia la aceeaşi specie şi chiar la acelaşi individ ; astfel, la *Beta vulgaris* structura rădăcinii principale este diarhă, iar a rădăcinilor laterale diarhă, triarhă sau tetrarhă. Pe cale experimentală (ex. la *Vicia faba* — bob) s-a evidenţiat faptul că numărul de fascicule se reduce în cazul unei nutriţii minerale mai slabe.

Măduva este, de regulă, parenchimatică şi ocupă partea centrală a rădăcinii. Exceptînd monocotiledonatele, măduva lipseşte cel mai adesea din rădăcina la care diferenţierea lemnului primar s-a terminat, locul ei fiind ocupat de ultimile şi cele mai mari vase de metaxilem.

Parenchimul medular se prelungeşte şi între fasciculele conducătoare (mai ales la monocotiledonate), formînd *razele medulare*, mai mult sau mai puţin asemănătoare celor din tulpină, reprezentînd un ţesut intermediar sau de legătură. Uneori atît măduva, cît şi razele medulare au celule cu pereţii îngroşaţi şi lignificaţi, fiind moarte la maturitate.

Măduva şi razele medulare cu celule sclerificate şi lignificate sînt deosebit de bine dezvoltate în rădăcina monocotiledonatelor, la care nu are loc formarea unei structuri secundare care să conducă la creşterea în grosime a rădăcinii, ca la *Gymnospermae* şi *Dicotyledonatae*.

Poziţia centrală a elementelor mecanice, în cazul măduvei sclerificate şi lignificate este avantajoasă pentru rădăcină, care la înclinarea tulpinii este supusă la tracţiune ca un organ de ancoră. Dintre variaţiile mai frecvente de structură amintim pe următoarele :

— La unele plante (ex. *Malvaceae)*, între protofloem şi metafloem se formează fibre de sclerenchim ; asemenea fibre se pot forma chiar în centrul (ex. *Phaseolus*) sau la periferia (ex. *Melilotus* — sulfina, *Medicago*) fasciculelor de liber.

— La anumite monocotiledonate (ex. *Polygonatum*), unele dintre fasciculele de lemn ajung pînă la axul rădăcinii ; la altele, în special *Gramineae*, vasele de metaxilem sînt împrăştiate şi nu dispuse radiar în parenchimul fundamental al cilindrului central. Uneori se pot chiar forma fas-

cicule suplimentare de liber, printre vasele de metaxilem și în măduvă, ca la unele bambusee (ex. *Sasa palmata*) și cucurbitacee.

— Liber se poate forma și pe fața internă a fasciculelor de lemn, ca de exemplu la *Datura* (ciumăfaie), *Atropa* ș.a.

Întrucît structura primară de la *Ranunculus acer (Dicotyledonatae)* și *Smilax medica (Monocotyledonatae)* prezintă unele trăsături diferite față de cele menționate anterior, în cele ce urmează se prezintă pe scurt caracterele anatomice pentru aceste două plante, luate ca exemple.

Structura primară a rădăcinii la Dicotyledonatae. Structura rădăcinii de la *Ranunculus acer* (piciorul cocoșului). O secțiune transversală făcută în regiunea piliferă arată că rădăcina prezintă două zone concentrice distincte ; una externă mult mai dezvoltată, scoarța (la exteriorul ei aflîndu-se rizoderma) și una centrală foarte redusă, cilindrul central (v. fig. 115).

a) *Rizoderma* sau stratul pilifer are rol protector și absorbant, fiind formată din celule cu pereți celulozici, subțiri. Majoritatea celulelor emit cîte o prelungire, constituind astfel perii absorbanți, care sînt celule vii, cu citoplasmă abundentă și cu nucleu situat la extremitatea părului sau în regiunea sa mijlocie. Pereții perilor sînt foarte subțiri și suferă o transformare mucilagigenă, care le permite să adere la particulele solului. Acești peri nu au decît o existență tranzitorie ; după ce s-au alungit progresiv, ei se usucă și cad ; celulele acestui strat dispar deci după ce au suferit o ușoară suberificare a pereților lor.

b) *Scoarța* începe cu un țesut suberos (exoderma) ; celulele acestuia sînt situate imediat sub stratul pilifer, sînt poligonale, alungite radiar, strîns alipite unele de altele și peretele lor se suberifică puțin cîte puțin. Cînd această transformare este complet realizată, celulele mor și impermeabilitatea lor provoacă moartea stratului pilifer. Țesutul suberos reprezintă deci pătura celulară externă a rădăcinii, la nivelul regiunii aspre ; el este cel care asigură protecția mecanică a țesuturilor subiacente.

Parenchimul cortical ocupă cea mai mare parte a scoarței, este format din celule mari, cu pereți celulozici și subțiri, lăsînd între ele meaturi și chiar lacune aerifere, mai ales în regiunea internă ; aceste celule sînt bogate în grăuncioare de amidon.

Endoderma este stratul cel mai intern al scoarței și apare constituită dintr-un singur strat de celule, de secțiune dreptunghiulară, strîns alipite unele de altele. Aceste celule, ai căror pereți externi și interni sînt subțiri și celulozici, poartă pe pereții lor radiari un cadru constituit dintr-o substanță grasă (ceroasă), impermeabilă la apă, asemănătoare cu cutina și suberina și care se numește *lignosuberină*. Acesta este cadrul pe care-l numim uneori *benzile lui Caspary*. Dacă rădăcina este mai în vîrstă sau dacă planta se dezvoltă într-un sol uscat, pereții celulelor endodermice pot fi uniform îngroșați, ca urmare a depozitului de pături de suberină. În acest caz se întîlnesc, pe alocuri, mai ales în fața fasciculelor de protoxilem, celule ai căror pereți au rămas subțiri și care se numesc *celule de pasaj* sau de transfuzie.

c) *Cilindrul central* este o zonă mult mai redusă decît scoarța și constituită în principal dintr-un parenchim fundamental în care este dispus, în mod regulat, aparatul conducător (fasciculele de lemn și de liber, separate și alterne).

Numărul fasciculelor liberiene şi lemnoase variază după nivelul rădăcinii unde se practică secţiunea ; el scade pe măsură ce se apropie de vîrful rădăcinii. Nu departe de colet se găsesc în general 5 fascicule liberiene şi 5 fascicule lemnoase ; puţin mai jos rădăcina este mai subţire şi are doar 4 fascicule, apoi numai 3 şi, în sfîrşit, 2. Fasciculele care lipsesc au dispărut puţin cîte puţin, ca urmare a reducerii progresive a numărului elementelor lor.

În parenchimul fundamental (unde sînt dispuse fasciculele conducătoare) se disting mai multe subzone, toate formate dealtfel din celule asemănătoare, nediferenţiate : periciclul, razele medulare şi măduva.

P e r i c i c l u l reprezintă stratul extern al cilindrului central, fiind constituit din celule strîns lipite de endodermă, alternînd cu celulele acestuia.

R a z e l e m e d u l a r e sînt situate între fasciculele liberiene şi cele lemnoase.

M ă d u v a este subzona situată în centrul cilindrului central, dimensiunile sale fiind foarte reduse ; ea dispare de timpuriu ca urmare a creşterii fasciculelor lemnoase, creştere care este centripetă ; locul măduvei este atunci ocupat de vasele de metaxilem.

F a s c i c u l e l e l i b e r i e n e sînt de secţiune ovală sau semicirculară, avînd elemente de dimensiuni mai mici decît cele ale celulelor parenchimului fundamental. Diferenţierea liberului este *centripetă*, adică elementele cele mai vechi formate sînt situate la exterior, în contact direct cu periciclul ; acest caracter nu este clar vizibil aici, unde fasciculele liberiene sînt foarte mici ; dimpotrivă, aşa cum vom vedea mai departe, acest lucru este foarte bine marcat în rădăcinile monocotiledonatelor. Liberul este constituit din *tuburi ciuruite, celule anexe* şi, în cantitate foarte mică, *celule de parenchim liberian ;* uneori, la limita internă a fasciculelor liberiene se observă un început de *funcţionare cambială.*

F a s c i c u l e l e l e m n o a s e au o formă generală triunghiulară în secţiune, vîrful fiind îndreptat spre exteriorul organului ; cuprind numai *elemente conducătoare*, fără sau cu foarte puţine celule de parenchim lemnos. Dezvoltarea lemnului este centripetă ca şi cea a liberului, adică primele vase se formează la exterior, în contact cu periciclul ; acestea, care se organizează în momentul în care alungirea organului nu este terminată, sînt mici, de tip *inelat* şi *spiralat ;* ele sînt mult mai puţin numeroase decît în tulpină. Elementele care apar după aceea sînt dispuse *radiar*, fiind de tip *reticulat* şi *punctat ;* ele se formează din ce în ce mai profund şi se unesc adesea în centru, cînd măduva a dispărut complet.

Caractere generale şi variaţii de structură la Dicotyledonatae. *Perii absorbanţi* pot persista toată viaţa rădăcinii (de exemplu la *Gleditschia triacanthos, Eupatorium purpureum* — cînepa codrului) sau, dimpotrivă, pot lipsi complet (la rădăcinile care se dezvoltă în apă).

În parenchimul cortical se disting uneori două zone diferite : *una externă*, constituită din celule poliedrice, dispuse neregulat, fără meaturi şi *alta internă* cu celule rotunjite, dispuse mai mult sau mai puţin regulat şi lăsînd între ele meaturi. În acest parenchim pot să se găsească elemente sclerificate (fibre, celule scleroase), diferite materii de rezervă şi chiar formaţiuni secretoare.

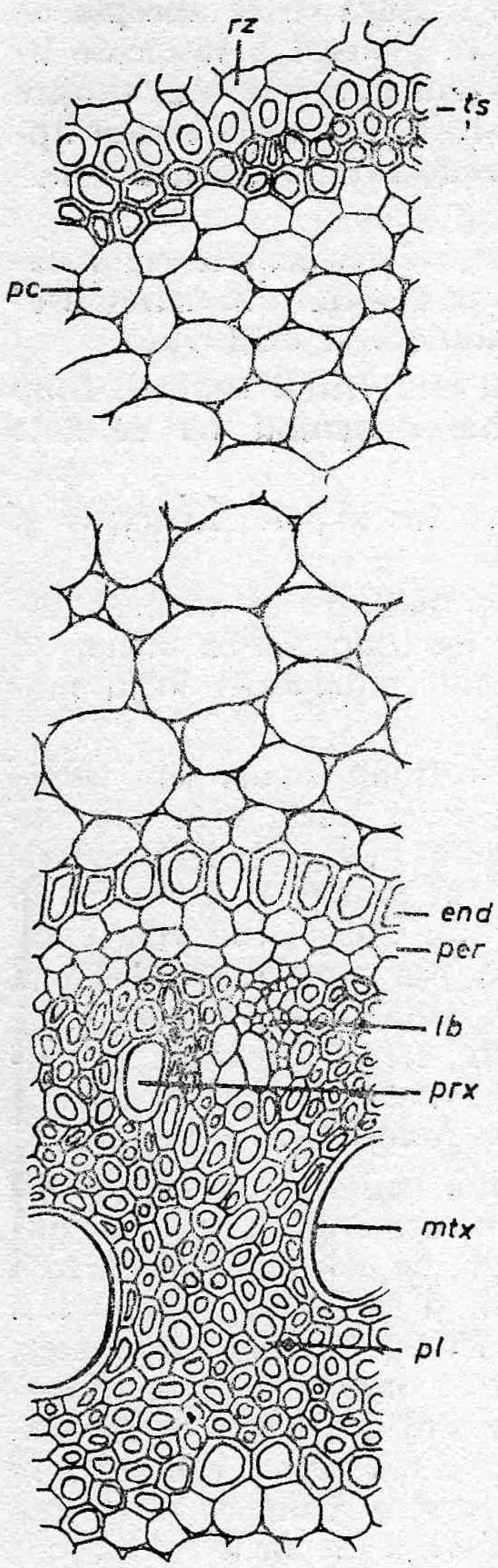


Fig. **118.** Structura primară a rădăcinii de *Smilax medica* (sector dintr-o secțiune transversală) :

end — endodermă; *lb* — liber; *mtx* — metaxilem; pc — parenchim cortical; *per* — periciclu; *pl* — parenchim lignificat; *prx* — protoxilem; *rz* — rizodermă; *ts* — țesut sclerenchimatic (după D e y s s o n).

Endoderma, întotdeauna net distinctă, poate fi formată din celule cu pereți subțiri sau îngroșați ; cele două tipuri (primară și secundară) pot să se întîlnească chiar la aceeași specie de *Ranunculus*.

Periciclul poate fi divizat în mai multe segmente, fiind întrerupt la nivelul protoxilemului ; în acest caz, primele vase de lemn se formează chiar la contact cu endoderma. În alte cazuri endoderma este, din contră, constituită din mai multe straturi de celule (de ex. 3—5 la *Vitis vinifera).*

Numărul fasciculelor liberiene și lemnoase variază în lungul aceleiași rădăcini ; numărul maxim de fascicule prezintă totuși o constantă oarecare pentru o specie dată, cel puțin la rădăcina principală. Astfel, rădăcina principală de *Umbelliferae, Cruciferae* și *Labiatae* conține întotdeauna 2 fascicule ; cea de la *Malvaceae* și *Cucurbitaceae*, 4. La *Leguminosae*, mazărea *(Pisum)* conține în general 3 fascicule, fasolea *(Phaseolus)*, 4. De regulă acest număr este întotdeauna foarte redus (sub 5) la dicotiledonate.

În concluzie, iată caracterele generale ale rădăcinii primare de la *Dicotyledonatae :* diferențierea în două zone distincte principale : scoarța foarte dezvoltată și cilindrul central foarte redus ; existența unei rizoderme, a unei exoderme și a unei endoderme diferențiate ; dispoziția aparatului conducător într-un număr mic de fascicule liberiene și lemnoase, separate, alterne, ambele categorii cu diferențiere centripetă.

Structura primară a rădăcinii la Monocotyledonatae.

La *Dicotyledonatae* creșterea în grosime a rădăcinii este însoțită de apariția unei structuri secundare ; structura primară nu se întîlnește decît în rădăcinile relativ subțiri și este puțin diferențiată. La *Monocotyledonatae*, unde structura primară este persistentă, se regăsesc aceleași caractere generale, însă cu o diferențiere mult mai accentuată și mai ales o dezvoltare mai importantă a aparatului conducător.

Structura rădăcinii de Smilax medica (fig. 118). a) *Rizoderma* este stratul extern a cărei structură nu prezintă vreo particularitate deosebită.

b) *Scoarța* începe tot cu o zonă protectoare (exoderma), care a devenit însă mult mai importantă ; ea este constituită din mai multe straturi de celule ce formează *suberoidul,* țesut analog suberului, însă ușor de distins prin structura sa primară. Celulele suberoidului au pereți deosebit de îngroșați la rădăcina de *Smilax,* mai ales la fața externă ; uneori acestui suberoid particular i se dă numele de *epiblemă.*

În celulele *parenchimului cortical,* cu pereți celulozici, se găsește amidon ; pe alocuri sînt rafide de oxalat de calciu.

Endoderma este formată dintr-un strat de celule ai căror pereți sînt puternic îngroșați pe aproape toată circumferința organului ; la rădăcina de *Smilax* lumenul celular este triunghiular (cu vîrful îndreptat spre centru) ; în alte cazuri pereții sînt uniform îngroșați și lumenul este pătrat.

c) *Cilindrul central* este mult mai gros ca la *Ranunculus.* Parenchimul său fundamental este constituit din celule cu pereții sclerificați, în afară de regiunea centrală a măduvei și, uneori, de periciclu.

Periciclul este constituit din două straturi de celule, primul avînd elemente ce alternează regulat cu cele ale endodermei. Fasciculele de lemn și cele de liber sînt numeroase : 10—20 din fiecare categorie. Diferențierea fasciculelor este *centripetă,* acest caracter fiind vizibil nu numai la fasciculele lemnoase, dar și la cele liberiene, a căror regiune internă cuprinde întotdeauna cîteva tuburi ciuruite voluminoase. În plus, la periferia măduvei există vase voluminoase de *metaxilem,* izolate și absolut independente de fasciculele menționate.

Caractere generale și variații de structură la Monocotyledonatae. La rădăcinile aeriene de la *Orchidaceae* și de la cîteva alte monocotiledonate epifite, stratul cel mai extern în loc să dea naștere perilor absorbanți se dublează pentru a forma ceea ce se numește *velum* (velamen radicum) ; este vorba de mai multe straturi de celule moarte, ai căror pereți sînt suberificați și adesea ornamentați cu striuri, jucînd rolul unui rezervor de apă. Sub acest velamen se observă întotdeauna *„pătura suberoasă“,* care este formată din celule cu pereții mai puternic îngroșați ; existența acestei pături suberoase subiacente (exodermă) permite de a nu se confunda velamenul (care corespunde în realitate stratului pilifer) cu un suberoid.

Dacă zona protectoare externă, situată sub stratul pilifer, este constituită cel mai adesea de un *suberoid,* ea poate fi redusă la un *strat suberos,* ca și la *Dicotyledonatae,* sau, din contră, reprezentată printr-un veritabil *suber,* provenit din funcționarea unei zone generatoare suberofelodermice (ca la *Monstera*).

La nivelul *parenchimului cortical* se pot observa diverse elemente scleroase (la *Monstera,* diferite *Gramineae* și *Cyperaceae),* sau un aparat secretor (la anumite *Araceae* și *Zingiberaceae*).

Endoderma este adesea constituită din celule cu pereții foarte îngroșați ; tipul cel mai frecvent este acela terțiar, care se numește *„în formă de potcoavă“,* la care pereții laterali și interni ai celulelor sînt foarte îngroșați și *suberificați,* în timp ce pereții externi rămîn subțiri și celulozici (ca la *Iris*).

Periciclul prezintă aceleași variații ca și la *Dicotyledonatae ;* în cazul tipului discontinuu de periciclu primele vase de lemn se formează la contact cu endoderma (la majoritatea gramineelor).

Vasele mari, izolate, de *metaxilem* constituie caracterul diferenţial cel mai general al rădăcinilor de la *Monocotyledonatae ;* uneori există şi masive izolate de *metafloem,* fără relaţii directe cu fasciculele liberiene normale (ex. *Monstera*). În sfîrşit, parenchimul medular este frecvent constituit din celule cu pereţii îngroşaţi şi sclerificaţi, cel puţin în zona externă.

În concluzie, o rădăcină de *Monocotyledonatae* se va distinge de una de *Dicotyledonatae* prin următoarele caractere : dezvoltarea mult mai importantă a cilindrului central, care cuprinde un număr mult mai mare de fascicule liberiene şi lemnoase (întotdeauna mai mare de 6, în general de la 10 la 20 şi chiar mai mult) ; prezenţa unui metaxilem particular, constituit din vase foarte voluminoase, situate la periferia măduvei şi fără relaţii cu protoxilemul.

Dintre alte caractere, frecvente dar neconstante, amintim : dezvoltarea zonei protectoare externe, care formează suberoidul ; diferenţierea accentuată a endodermei, adesea cu celule în formă de potcoavă ; prezenţa de metafloem la periferia măduvei.

4.6.2.2. STRUCTURA SECUNDARĂ NORMALĂ A RĂDĂCINII

Gimnospermele, monocotiledonatele arborescente *(Dracaena, Yucca, Cordyline, Aloe)* şi dicotiledonatele (lemnoase şi marea majoritate a celor ierbacee) prezintă în timpul vieţii lor, pe măsură ce îşi dezvoltă aparatul vegetativ şi reproducător, o structură secundară a rădăcinii, care ia locul structurii primare ce este de foarte scurtă durată. Cea mai mare parte dintre pteridofite şi monocotiledonate, iar dintre dicotiledonate, nimfeaceele şi unele ranunculacee, prezintă toată viaţa lor numai structura primară a rădăcinii.

Presiunea la care este supusă rădăcina an de an devine tot mai mare, pe măsură ce planta creşte şi se înfige în sol, ceea ce explică necesitatea înmulţirii ţesuturilor mecanice şi a celor conducătoare.

În mod obişnuit îngroşarea rădăcinii are loc prin formarea unor ţesuturi noi, secundare, care se adaugă la ţesuturile primare.

Spre deosebire de ţesuturile primare, care iau naştere dintr-un meristem primar, ţesuturile secundare se diferenţiază din anumite celule tinere, dispuse într-un strat continuu, ce se divide relativ repede şi din care se formează un meristem secundar, iar ţesuturile rezultate din el se numesc ţesuturi secundare.

Creşterea în grosime este asigurată de funcţionarea a două pături (zone) generatoare secundare, *cambiul* şi *felogenul,* care prin diviziuni repetate dau naştere la noi ţesuturi definitive, numite secundare ; acestea vor modifica considerabil structura rădăcinii (fig. 119).

De regulă, cele două zone generatoare funcţionează bifacial, desprinzînd alternativ, pe cele două feţe ale lor, celule fiice care se vor diferenţia, dînd elemente ale ţesuturilor secundare. Sînt şi cazuri cînd felogenul funcţionează unifacial, desprinzînd celule fiice numai sau aproape numai pe faţa lui externă.

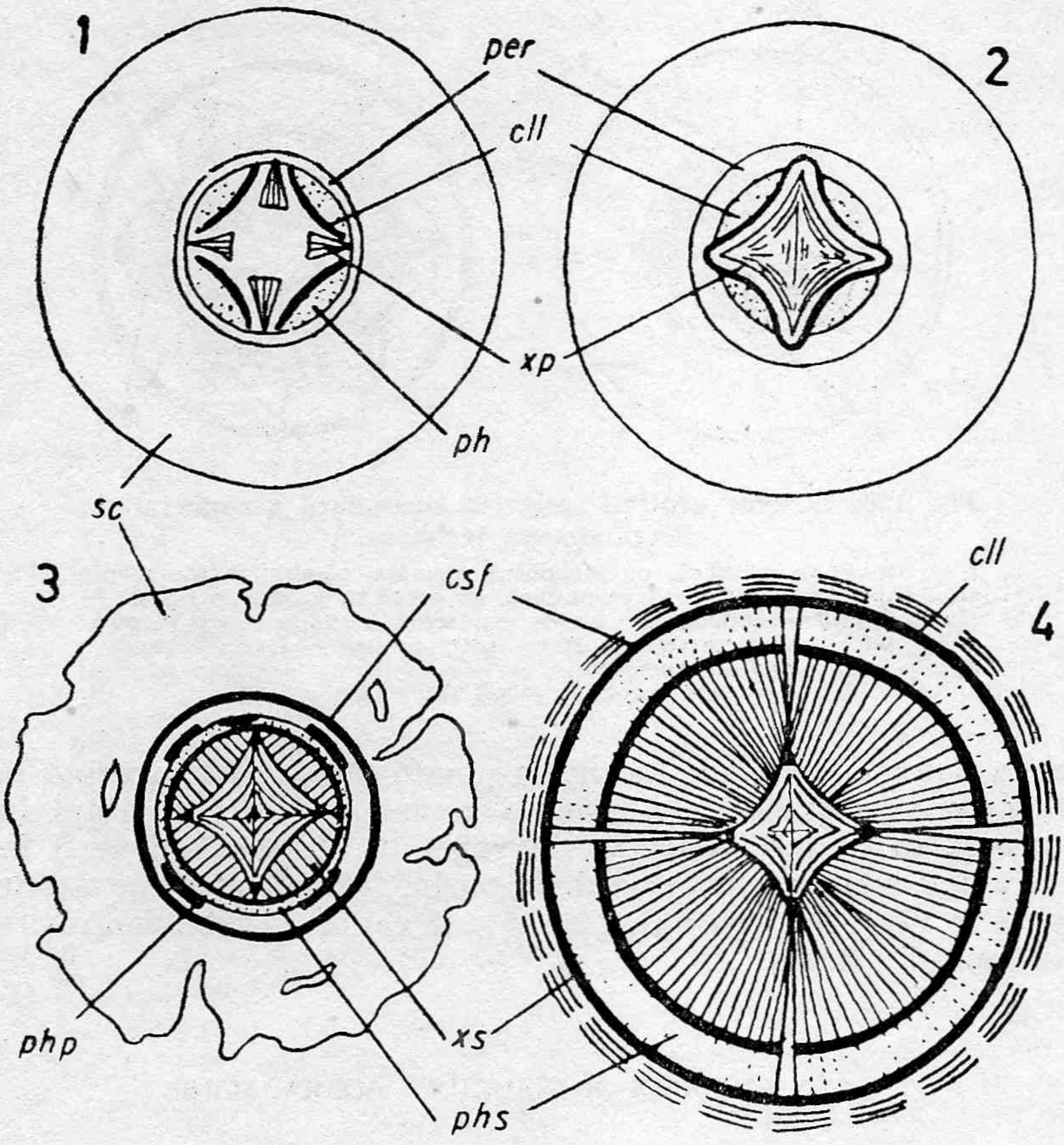


Fig. **119.** Scheme arătînd activitatea zonelor generatoare și formarea structurii secundare în rădăcină :

cll — cambiu (libero-lemnos) ; *csf* — felogen (cambiu subero-felodermic) ; *per* — periciclu ; *ph* — floem (liber) ; *php* — floem primar ; *phs* — floem secundar ; *sc* — scoarță ; *xp* — xilem (lemn) primar ; *xs* — xilem secundar (după C a m e f o r t).

Cambiul ia naștere la limita internă și laterală a fasciculelor de liber primar și la limita laterală a fasciculelor de lemn primar, avînd inițial forma unor arcuri cu concavitatea spre exteriorul cilindrului central (fig. 120). Ulterior se formează cambiu și la fața externă a fasciculelor de lemn, prin diferențierea unor celule periciclice. În felul acesta rezultă o pătură continuă de cambiu, de contur sinuos (avînd adesea formă de stea în secțiune transversală).

Cambiul format nu poate funcționa bifacial decît după ce dobîndește un contur circular. Aceasta are loc datorită producerii mai întîi de celule fiice exclusiv spre interior, în dreptul fasciculelor de liber primar. Prin diferențiere, aceste celule se vor transforma în elemente de lemn secundar, care împing treptat pătura generatoare și liberul primar în afară. În felul acesta cambiul devine circular, funcționînd bifacial, și produce spre exterior celule ce vor forma *liberul secundar*, iar spre interior celule ce

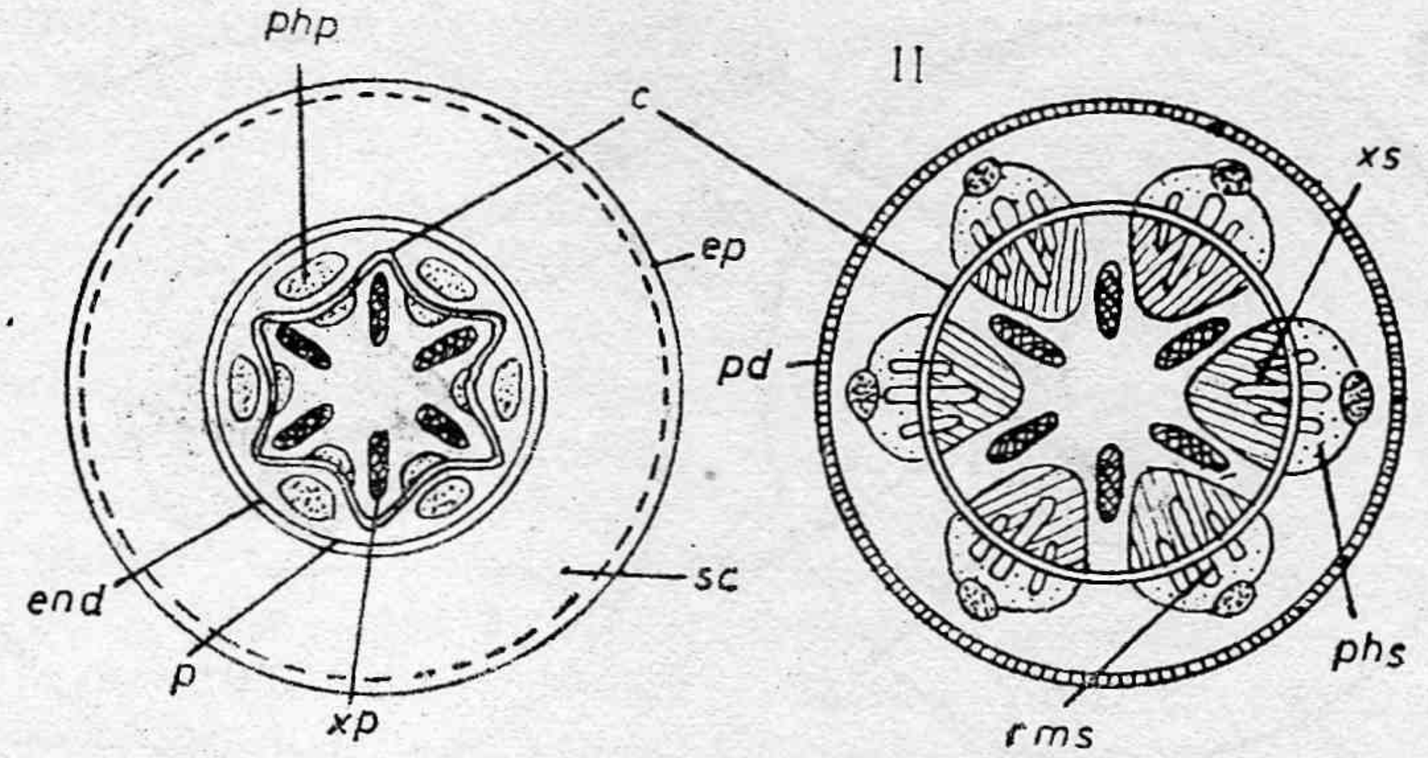


Fig. **120.** Scheme arătînd creșterea secundară a rădăcinii la dicotiledonate ierbacee :

I — Structura primară, cu începutul formării cambiului (de formă sinuoasă) ; *II* — structura secundară, cu cabiu în formă de inel ; *c* — cambiu ; *end* — endodermă ; *ep* — epidermă (rizodermă) ; *p* — pericicliu ; *pd* — periderm ; *php* — floem primar ; *phs* — floem secundar ; *rms* — raze medulare secundare ; *sc* — scoarță ; *xp* — xilem primar ; *xs* — xilem secundar (după K a u s s m a n n).

vor forma *lemnul secundar*. La multe plante din zona temperată în lemnul secundar se disting inele formate anual, deoarece cambiul funcționează numai în timpul perioadei de vegetație, la sfîrșitul verii întrerupîndu-și anual activitatea. Lemnul timpuriu, format primăvara, este mult mai bogat în vase, iar acestea au de regulă calibru vizibil mai mare decît cele ale lemnului tîrziu.

4.6.2.3. ANOMALII DE STRUCTURĂ ALE RĂDĂCINII

Structurile anatomice la care ne vom referi prezintă un mare număr de variații în detaliu ; de regulă, de fiecare dată cînd rădăcina își schimbă habitatul (de ex. rădăcini acvatice, rădăcini aeriene) sau funcția, structura sa anatomică se modifică fără ca să dispară totuși caracterele fundamentale ale organului.

Tuberizarea unei rădăcini poate proveni din hipertrofia parenchimului cortical (ex. *Ficaria*) ; cel mai adesea însă ea este datorată dezvoltării unui țesut secundar : parenchim liberian (ex. *Daucus)* (fig. 121, A) sau parenchim lemnos (ex. *Raphanus*) (fig. 121, B), ori apariției de formațiuni libero-lemnoase secundare. La *Beta,* de exemplu și la numeroase alte plante dintre chenopodiacee, cambiul normal încetează de timpuriu să funcționeze după ce a produs structura secundară normală. Apare atunci, în regiunea periciclică, un cambiu supranumerar care formează — în mod obișnuit — un nou cerc de liber și de lemn situat la exteriorul cercului normal ; după un anumit timp acest cambiu încetează și el să mai funcționeze și apare unul nou la exteriorul precedentului. Repetarea acestui proces conduce la formarea mai multor cercuri concentrice de fascicule libero-lemnoase, de origine exclusiv secundară, situate în jurul formațiunilor normale.

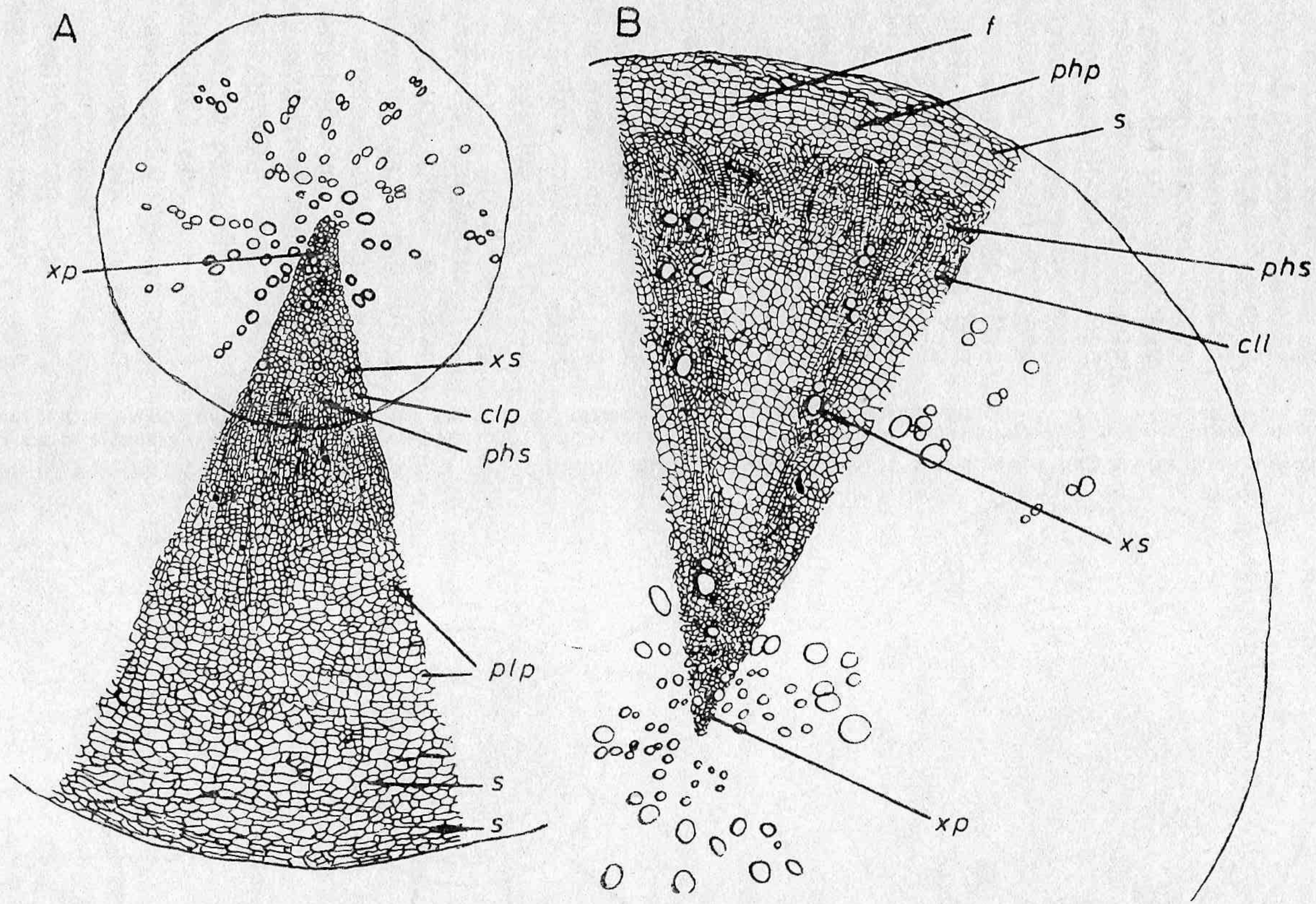


Fig. **121.** Structură secundară particulară la *Daucus carota* (*A*) și *Raphanus sativus* (*B*) :

cll — cambiu (libero-lemnos); *clp* — cambiu libero-pericicliс; *f* — feloderm (parenchim cortical secundar); *php* — floem primar; *phs* — floem secundar; *plp* — parenchim liberopericiclic; *s* — suber; *xp* — xilem primar; *xs* — xilem secundar (după I. T. Tarnavschi și colab.).

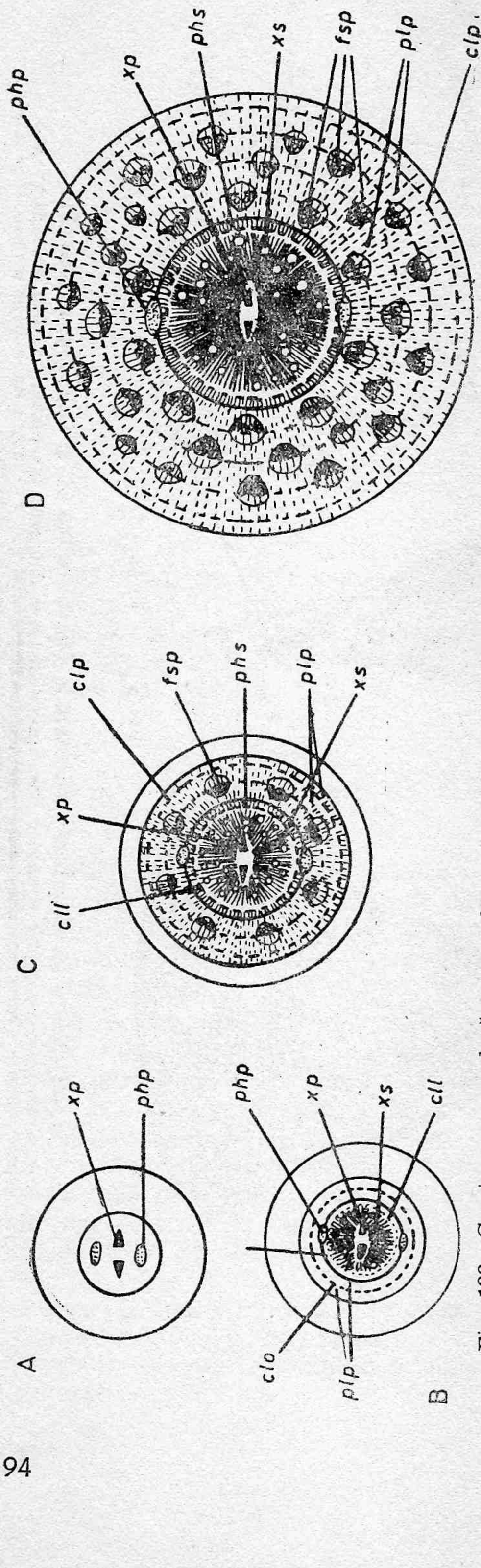


Fig. 122. Creșterea secundară anormală a rădăcinii de *Beta vulgaris* (*A—D* : scheme ale secțiunilor transversale) : *cll* — cambiu (libero-lemnos) ; *clo* — cambiu libero lemnoase supranumerare; *php* — floem primar; *phs* — floem secundar; *plp* — parenchim libero-pericliclic; *xp* — xilem primar; *xs* — xilem secundar (după I. T. Tarnavschi și colab.).

La *Beta vulgaris* (fig. 122) caracteristic este faptul că îngroșarea care se produce, nu numai la rădăcini, ci și în axa hipocotilă, este legată de apariția de noi elemente foliare în rozeta de frunze. În felul acesta, în cursul aceleiași perioade de vegetație, cu fiecare ciclu nou de frunze ia naștere un nou cambiu libero-pericliclic, care generează un nou parenchim libero pericliclic și astfel se formează succesiv mai multe cambii (policambii) și mai multe inele concentrice de parenchim libero-pericliclic, în care se diferențiază fascicule vasculare libero-lemnoase. Unele soiuri de sfeclă ajung să prezinte pînă la 12 inele concentrice parenchimatice, în celulele cărora se acumulează îndeosebi zaharoza. Datorită acestui fel de îngroșare particulară, structura rădăcinii de la *Beta* este considerată încă și terțiară.

Formațiuni supranumerare de același tip, însă mai puțin dezvoltate și neconstituind cercuri continue, se observă și în rădăcina de *Laserpitium latifolium* (smeoaică) ori *Globularia alypum*.

În rădăcina de *Mirabilis jalapa* sau de *Convolvulus scammonea* tuberizarea este provocată de apariția de cambii supranumerare neregulate în parenchimul lemnos secundar, rămas celulozic ; asemenea formațiuni supranumerare, care apar în masa de țesuturi secundare, sînt uneori numite *formațiuni terțiare*.

Pe de altă parte, în rădăcina anumitor specii se găsesc insule de liber în interiorul parenchimului lemnos. Acest *liber intralemnos* este omolog liberului perimedular al tulpinilor și frunzelor ; el nu se întîlnește decît la speciile ce prezintă liber perimedular, însă este mult mai puțin frecvent decît acesta din urmă : așa de exemplu, toate tulpinile de la *Solanaceae* au liber perimedular, însă numai rădăcinile de la anumite plante (ex. *Atropa*) prezintă liber intralemnos. Același lucru este vizibil la *Gentianaceae* ; numai rădăcinile cîtorva specii din genurile *Gentiana* și *Erythraea* posedă liber intralemnos ; acest liber provine dintr-o diferențiere particulară a anumitor celule de parenchim lemnos, care este în general celulozic. Într-o secțiune transversală se recunoaște într-adevăr că celulele sale sînt mult mai mici decît cele de parenchim lemnos, că orientarea lor este neregulată și nu în șiruri radiare, că ansamblul unui masiv de liber intralemnos ocupă exact amplasamentul uneia sau a două celule de parenchim lemnos, ceea ce se explică foarte bine după originea sa.

Alcătuirea histologică a lemnului și liberului secundar. Pe lîngă vase, reticulate și punctate (spre deosebire de cele ale lemnului primar, care sînt inelate și spiralate) și parenchim lemnos, lemnul secundar cuprinde și fibre lemnoase, ce alcătuiesc libriformul.

Liberul secundar cuprinde, pe lîngă tuburile ciuruite și celule anexe (prezente și în liberul primar), parenchim liberian și fibre liberiene.

Lemnul secundar are o dezvoltare centrifugă, elementele componente fiind cu atît mai tinere cu cît sînt mai îndepărtate de centrul rădăcinii. Dimpotrivă, liberul secundar are o dezvoltare centripetă (ca și liberul primar), elementele sale fiind cu atît mai tinere cu cît sînt mai aproape de centrul organului.

În stare secundară rădăcina va avea mai mult sau mai puțin aceeași structură ca și tulpina, cele două organe axiale distingîndu-se între ele doar prin ceea ce mai rămîne din structura lor primară. În rădăcină, ca urmare a diferențierii centripete a lemnului primar, măduva dispare adesea înainte de apariția cambiului și se poate spune că practic rădăcina secundară se recunoaște după absența măduvei ; tot centrul organului este ocupat de lemn și nu se poate, de regulă, distinge lemnul primar de cel secundar. Rareori se distinge o măduvă persistentă și în acest caz este ușor de recunoscut lemnul primar, dispus în formă de stea pe o secțiune transversală.

La exteriorul liberului secundar se disting locurile fasciculelor liberiene primare ; acestea au fost comprimate și chiar aproape complet distruse, ca urmare a dezvoltării formațiunilor secundare.

Parenchimul liberian și cel lemnos alcătuiesc ceea ce numim în mod obișnuit *parenchim vertical* (denumire ce reflectă dispoziția în serii longitudinale a celulelor lor componente). Dar liberul și lemnul secundar sînt străbătute și de *raze medulare* de lățime variabilă (benzi alungite radiar), care pleacă din diferite inele anuale de lemn și le străbat pe toate cele externe. În secțiune longitudinal-radiară prin rădăcină, razele medulare apar ca niște fîșii orientate transversal față de celelalte elemente histologice. În secțiune longitudinal-tangențială se constată că grosimea razelor este în general mică (cuprinzînd unul sau cîteva straturi de celule dispuse unele lîngă altele).

Razele medulare constituie ceea ce numim în mod obișnuit *parenchim orizontal* și au rolul de a asigura circulația substanțelor nutritive în diferite pături concentrice ale lemnului sau liberului secundar, precum și de a depozita în celulele componente substanțe de rezervă.

Felogenul are la început forma de inel (cilindru) și poate lua naștere imediat sub rizodermă (de ex. *Solidago*), sub stratul suberos primar (de ex. *Jasminum*), într-o zonă mai mult sau mai puțin profundă a parenchimului cortical, în periciclu sau chiar în liber. De regulă, la rădăcină felogenul apare mai frecvent în regiuni profunde ale scoarței și chiar în regiunea periferică a cilindrului central.

Celulele fiice formate de către felogen spre exterior sînt dispuse în serii radiare regulate, suferă treptat suberificarea peretelui și constituie *suberul*. Formarea acestui țesut protector secundar, impermeabil pentru apă și gaze, are drept consecință moartea tuturor țesuturilor din afara lui și de multe ori exfolierea acestora. Celulele fiice formate spre interior devin elemente ale felodermului ; acestea, împreună cu felogenul și suberul constituie *peridermul*. La multe plante felogenul format inițial își încetează la un moment dat funcționarea și ia naștere, mai în profunzime, un nou felogen care se comportă la fel ș.a.m.d. ; în felul acesta, totalitatea peridermelor formate succesiv, împreună cu resturile de țesuturi primare dintre ele, alcătuiesc un complex numit *ritidom*.

La unele monocotiledonate, ca de exemplu la cîteva *Liliaceae* arborescente (*Dracaena, Alitris*), s-au observat formațiuni secundare de un tip particular. La aceste plante se formează o zonă generatoare situată fie în periciclu (*Dracaena fruticosa*) (fig. 123, A), fie în scoarța primară

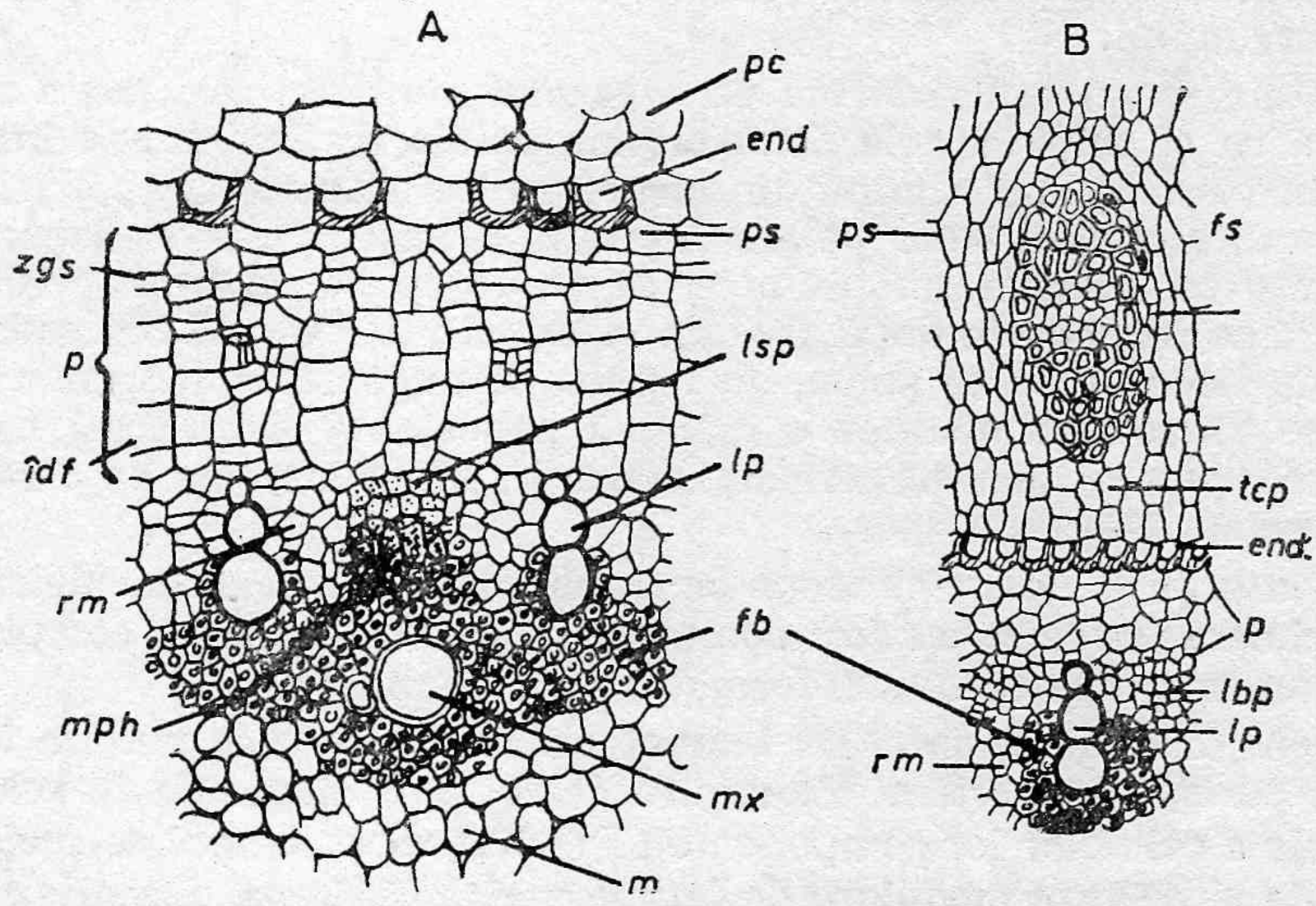


Fig. 123. Observarea originii țesuturilor secundare din periciclu (*A — Dracaena fruticosa*) și a formațiunilor secundare din scoarță (*B — Dracaena marginata*) :

end — endodermă; *fb* — fibre; *fs* — fascicul secundar; *îdf* — început de diferențiere a fasciculului conducător; *lbp* — liber primar; *lp* — lemn primar; *m* — măduvă; *mph* — metafloem; *mx* — metaxilem; *p* — periciclu; *pc* — rest din parenchimul cortical primar; *ps* — parenchim secundar; *rm* — rază medulară; *tcp* — țesut cortical primar; *zgs* — zonă generatoare secundară (după B o n n i e r).

(Dracaena marginata) (fig. 123, B), adică întotdeauna în afara liberului primar. Această zonă generatoare produce către exterior și către interior un parenchim fundamental ; în parenchimul intern se organizează fascicule libero-lemnoase asemănătoare celor din tulpină. Această îngroșare a rădăcinilor este în general mai mică decît aceea a tulpinilor de la aceleași plante.

4.6.2.4. IMPORTANȚA PRACTICĂ A RĂDĂCINILOR

În urma analizei tuturor caracterelor privind morfologia și îndeosebi anatomia rădăcinii se desprind o serie de întrebuințări pe care le prezintă aceasta. Astfel, întrucît rădăcinile subterane în majoritate, după moartea plantelor, se descompun datorită activității microorganismelor, ele devin îngrășăminte naturale ale solului. Rădăcinile înmagazinatoare de materii de rezervă sînt folosite drept alimente atît pentru om cît și pentru animale. În acest sens pot fi date numeroase exemple, cum sînt rădăcinile de la *Daucus carota, Pastinaca sativa* (păstîrnac), *Apium* (țelină), *Petroselinum, Cochlearia*. De asemenea, diferite specii de sfeclă se cultivă fie ca aliment, cum este *Beta rubra* (sfecla roșie), fie pentru industria zahărului, cum este *Beta saccharifera* sau cu utilizare furajeră, cum este *Beta vulgaris*.

Unele rădăcini sînt apreciate pentru conținutul lor în cauciuc, cum ar fi de exemplu *Taraxacum kok-saghyz*, sau gutapercă, ca la rădăcinile de la *Euonymus verrucosa* (salba rîioasă). La unele *Gramineae*, cum este *Andropogon ischaemum* (bărboasa), rădăcinile au utilizare în confecționarea periilor. La *Juglans regia* rădăcinile, care sînt groase și de calitate, se folosesc la fabricarea furnirului, deci în industria mobilei.

4.7. **TULPINA**

Primul grup de plante la care se constată existența unei tulpinițe, și care deși nu au un țesut conducător caracteristic se aseamănă totuși cu plantele vasculare prin modul de reproducere, îl constituie încrengătura *Bryophyta*.

La clasa *Musci* și la o mică parte din reprezentanții clasei *Hepaticae* există o tulpiniță dreaptă, cu frunzulițe regulat înserate, această organizare fiind similară cu aceea a plantelor vasculare. La cea mai mare parte din reprezentanții clasei *Hepaticae* mușchii au aparatul vegetativ cu înfățișare de tal, adică o formațiune turtită cu simetrie dorso-ventrală ; în această clasă se întîlnesc forme intermediare, la care se poate observa trecerea progresivă spre tulpinița cu frunzulițe, de la mușchii adevărați, grupul *Jungermaniales* cuprinzînd mușchii cei mai evoluați dintre hepatice.

Tulpinița cu frunzulițe, caracteristică pentru unele hepatice și pentru mușchii frunzoși, diferă de tulpina plantelor vasculare, respectiv a cormofitelor, printr-o serie de trăsături.

În primul rînd tulpinița de la *Bryophyta* reprezintă gametofitul constituit din celule haploide și nu sporofitul, ca la *Pteridophyta* și *Spermatophyta.*

În al doilea rînd tulpinița de la *Bryophyta* este foarte puțin diferențiată, lipsită de un țesut conducător libero-lemnos tipic.

În fine, trebuie subliniat faptul că la *Bryophyta* nu există rădăcină, iar tulpinița prezintă în partea sa bazală rizoizi, comparabili cu perii absorbanți ai rădăcinilor de la *Cormophyta.*

Tulpina veritabilă, caracteristică pentru plantele din grupul *Cormophyta,* este partea plantei care crește de jos în sus, avînd deci un geotropism negativ, prezintă o simetrie de regulă radiară, iar din punct de vedere filogenetic a apărut ca organ vegetativ la cormofitele arhaice, fiind adaptată la mediul terestru. Rolul tulpinii este de a susține frunzele, ramurile și organele de reproducere (florile, din care după fecundație se vor dezvolta fructele, în interiorul cărora se află semințe). Tulpina face legătura între rădăcină și frunze, înlesnind circulația materiilor hrănitoare, prin urmare are un rol morfologic și unul fiziologic.

În multe cazuri tulpina are rol și în asimilația clorofiliană, îndeosebi în perioada de creștere a plantei, cînd este tînără și verde ; de asemenea, ea servește uneori ca organ de înmagazinare a materiilor de rezervă, precum și a apei.

Tulpina, spre deosebire de rădăcină, prezintă un vîrf vegetativ care nu este protejat de o formațiune specială ca la rădăcină și deci are o creștere terminală.

Originea filogenetică. Ținînd seama de felul cum s-a diferențiat tulpina în decursul evoluției regnului vegetal, s-au emis trei teorii principale. Prima teorie este aceea a *filomului* (phyllomului), după care cercetătorii consideră că la început s-au dezvoltat numai organe sub formă de frunze și abia mai tîrziu, prin unificarea părților bazale ale acestora, s-ar fi dezvoltat tulpina. După a doua teorie, susținută de alți autori, tulpina s-a dezvoltat în același timp cu frunza. După a treia teorie, acea a *caulomului,* cercetătorii, care în studiile lor s-au bazat pe date paleontologice, arată că în acea perioadă cînd plantele s-au adaptat la mediul terestru, s-a diferențiat mai întîi tulpina. Pe aceasta s-au dezvoltat apoi frunzele, fie ca emergențe, fie prin turtirea organelor de natură axială.

Dintre toate teoriile amintite, aceasta din urmă este în general mai acceptată în morfologie, pentru că — bazîndu-se pe date paleontologice — prezintă elemente comparative pe scară evolutivă, ceea ce ajută la înțelegerea constituției formelor actuale.

Originea ontogenetică. Tulpina își are originea în tigela și gemula (plumula) embrionului seminței ; din tigelă ia naștere hipocotilul (porțiunea cuprinsă între baza rădăcinii și nodul cotiledonar), iar din gemulă, epicotilul (internodul dintre cotiledoane și prima frunză normală) și celelalte internoduri ale tulpinii, purtătoare de frunze.

Coletul este regiunea de legătură între baza rădăcinii și baza tulpinii, el reprezentînd zona în care se face trecerea de la structura unui organ la structura celuilalt.

Porţiunea de tulpină împreună cu frunzele formate pe ea se numeşte *lăstar* ; acesta se formează pe seama activităţii conului vegetativ, care determină creşterea în lungime (apicală) a internodurilor şi îngroşarea lor primară (remarcabilă în special la *Monocotyledonatae*, la care lipseşte îngroşarea secundară).

La unele plante internodurile se alungesc şi prin activitatea unui meristem intercalar, care determină *creşterea intercalară* (deosebit de importantă la *Gramineae*, *Umbelliferae* etc.). Alungirea internodurilor depinde şi de condiţiile mediului în care cresc plantele, de grupa sistematică la care ne referim, de categoria biologică din care fac parte plantele etc.

4.7.1. MORFOLOGIA TULPINII

Tulpina este alcătuită dintr-o axă principală, pe care în mod obişnuit se află axe sau ramuri de ordin secundar, terţiar etc. ; pe toate ramurile există frunze, al căror loc de inserţie se numeşte *nod* (o porţiune mai umflată), iar zona cuprinsă între două noduri se numeşte *internod* sau *întrenod*. Aşadar, tulpina este un organ articulat, în vîrful căruia, precum şi pe care se află mugurii. După mediul de viaţă se deosebesc : tulpini aeriene, subterane şi acvatice.

4.7.1.1. MUGURII

Mugurul nu este altceva decît partea apicală, nedezvoltată şi embrionară a tulpinii şi a ramificaţiilor ei, care asigură creşterea şi ramificarea acestora. Mugurii au o deosebită importanţă practică în procesul de înmulţire vegetativă, precum şi în formarea organelor vegetative şi reproducătoare de la una şi aceeaşi plantă : ramuri, frunze, flori. Reiese că mugurii, după felul organelor la care dau naştere, sînt de două tipuri şi anume : *vegetativi* sau *foliari*, din care rezultă ramuri şi frunze şi *floriferi* sau *florali*, din care se formează florile, aşa cum indică şi numele. Se cunosc însă şi cazuri în care din unul şi acelaşi mugur se dezvoltă atît ramuri cu frunze, cît şi flori ; aceşti muguri se numesc *micşti* şi se găsesc la *Bruckenthalia spiculifolia* (coacăz), *Pyrus*, *Malus* etc. Mugurii sînt protejaţi în mod obişnuit de formaţiuni speciale numite catafile. Acestea sînt frunze mici, solzoase sau scvame cu rol protector, aşa cum se întîlnesc la *Aesculus hippocastanum*. Catafilele prezintă în structura lor o epidermă cu o cuticulă groasă, sclereide şi peri glandulari, secretori de rezine. La unele soiuri de *Vitis vinifera*, *la Rhamnus frangula* (crușin) ș.a., mugurii au ca înveliș protector o pîslă deasă de peri. La *Robinia*, *Gleditschia* (glădiţa) ș.a. mugurii sînt ascunși în cicatricea frunzei, iar la *Platanus* (platan), baza peţiolului frunzei, modificată ca un coif, protejează mugurii.

Mugurii care prezintă un înveliș protector se numesc și *acoperiți*, spre deosebire de cei *nuzi* sau goi, la care lipsesc elementele protectoare, cum ar fi la *Viburnum lantana* (dîrmoz), *V. rhitidophyllum*, *Cornus sanguinea* (sînger).

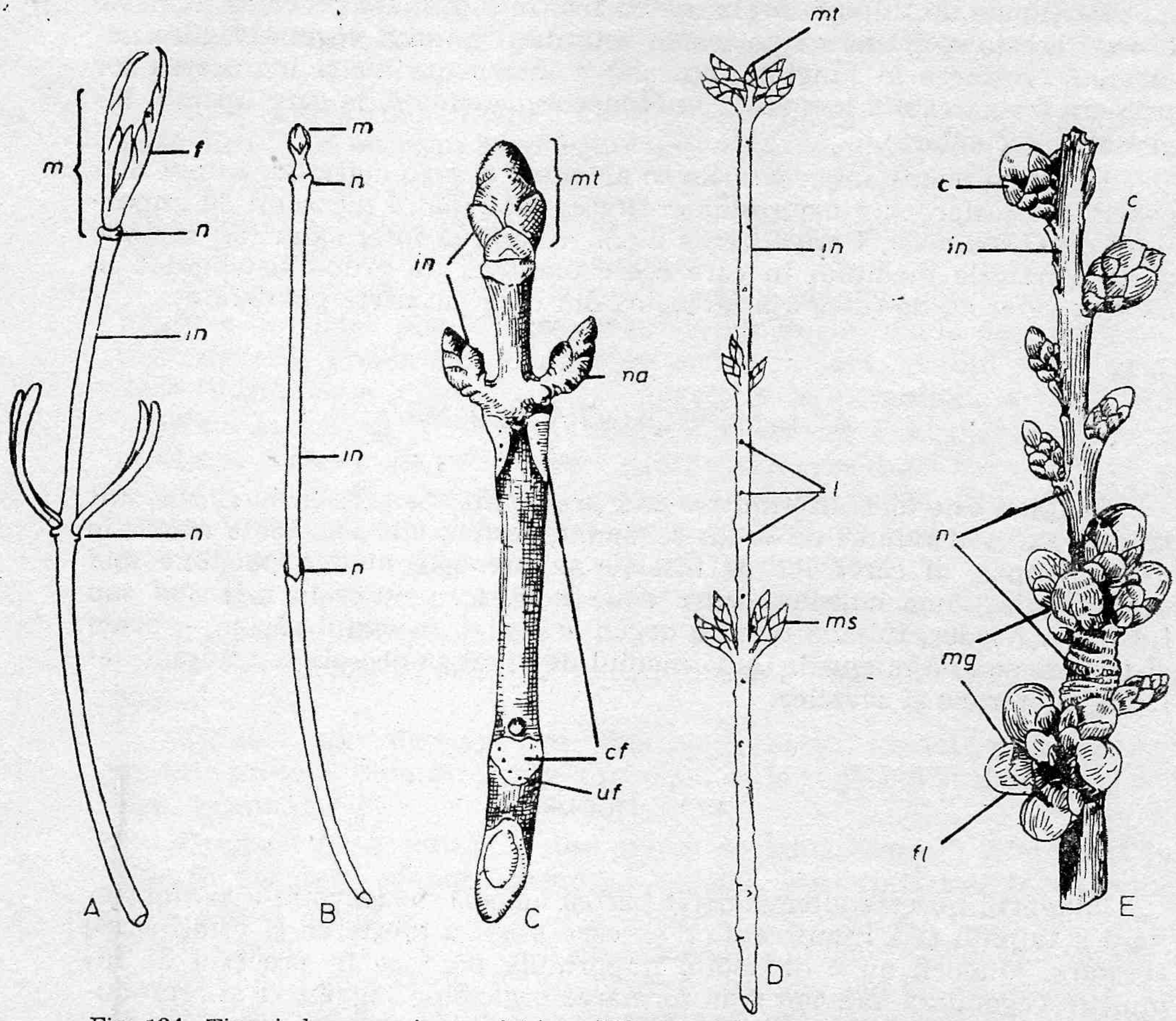


Fig. **124.** Tipuri de muguri : nuzi (*A — Viburnum lantana* ; *B — Cornus sanguinea*) ; acoperiți (*C — Aesculus hippocastanum*) ; seriali longitudinali (*D — Forsythia* sp.) ; în grup (*E — Cerasus* sp.) :

c — catafile; *cf* — cicatricea frunzei; *f* — frunze; *fl* — floare; *in* — internod; *l* — lenticele; *m* — muguri; *ma* — mugur axilar; *mg* — muguri în grup; *ms* — muguri seriali; *mt* — mugur terminal; *n* — nod; *uf* — urmele fasciculelor vasculare (*A*, *B* : original; *C*, *E* : — după I. Grințescu ; *D* : după I. T. Tarnavschi și colab.).

În general mugurii sînt dispuși cîte unul la subsuoara frunzei, deci solitari și pot fi fixați direct pe ramuri, fiind numiți *sesili*, sau prezintă un mic pedicel, cînd se numesc *pedicelați*. După poziție mugurii se grupează în mai multe categorii, în cele ce urmează ne vom referi însă doar la cîteva dintre ele.

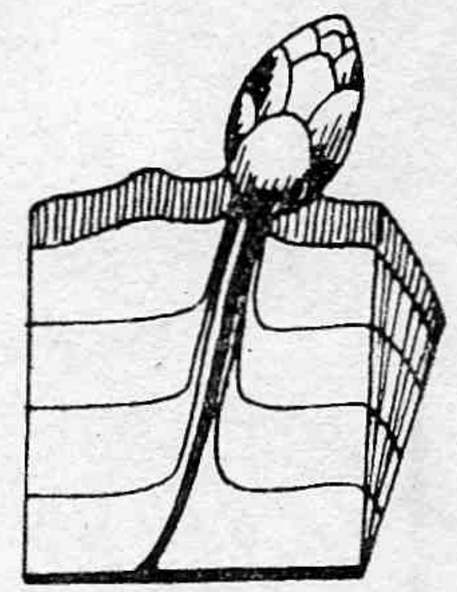
Mugurii terminali sau apicali sînt cei situați în vîrful tulpinilor și ramurilor, fiind acoperiți în general de frunze tinere, care au luat naștere din primordii ; ei determină creșterea în lungime a tulpinii. Se întîlnesc la *Viburnum lantana* (fig. 124, A), *Cornus sanguinea* (fig. 124, B), *Aesculus hippocastanum* (fig. 124, C) și în general la mai toate plantele. Acești muguri terminali sînt de obicei *vegetativi* sau foliari, fiind cei mai avan-

tajați în dezvoltarea lor. Mugurii pot fi însă și *floriferi*, ca de exemplu la *Pyrus, Malus* etc., aflîndu-se în vîrfurile ramurilor scurte și dînd naștere la flori. În general mugurii terminali au o acțiune inhibitoare asupra mugurilor axilari ; datorită acestui fapt, în pomicultură și în viticultură se practică îndepărtarea mugurilor terminali prin tăiere și astfel sînt activați mugurii axilari, care au un rol deosebit de important în îmbogățirea ramurilor, respectiv a coronamentului.

Mugurii axilari sau laterali sînt dispuși în lungul tulpinii sau al ramurilor, de obicei la noduri și anume la subsuoara frunzelor, ca la *Populus, Carpinus, Aesculus hippocastanum* ș.a.

Mugurii suplimentari sînt cei situați în plus lîngă mugurii axilari și pot fi grupați (se numesc *colaterali),* cînd sînt dispuși în linie orizontală, ca de exemplu la *Prunus spinosa* (porumbar), *Cerasus avium* (fig. 124, E) sau dispuși în linie verticală, unii deasupra celorlalți, constituind mugurii *seriali*, ca la *Juglans regia, Lonicera xylosteum* (caprifoi), *Forsythia* ș.a (fig. 124, D).

Mugurii dorminzi sau *adormiți* sînt aceia care nu se dezvoltă în același ritm cu toți mugurii axilari, ei avînd un rol deosebit în refacerea coroanelor, în cazul tăierii ramurilor la nivelul lor, cînd astfel își încep activitatea, sau prin îndepărtarea mugurilor terminali, precum și moartea prin uscare a acestora. Mugurii aceștia mai poartă denumirea de *muguri de iarnă* și au capacitatea de a-și păstra vitalitatea timp foarte îndelungat, chiar pînă la 100 de ani, cum este cazul spre exemplu la *Quercus, Fagus* etc., aceasta datorită legăturilor lor cu țesuturile profunde (fig. 125). La plantele din regiunile temperate, începînd din primele zile ale toamnei mugurii dorminzi trec în stadiul de viață latentă. Cînd mugurii terminali, dintr-o cauză oarecare, sînt distruși, atunci mugurii dorminzi primesc auxine în cantitate sporită și drept urmare încep o activitate intensă sau, cum se obișnuiește a se spune, se determină trezirea acestora. În general, lăstarii plantelor lemnoase sînt rezultatul activității mugurilor dorminzi și din punct de vedere al dezvoltării stadiale aceștia sînt cei mai tineri, deoarece au provenit din muguri formați în tinerețe.



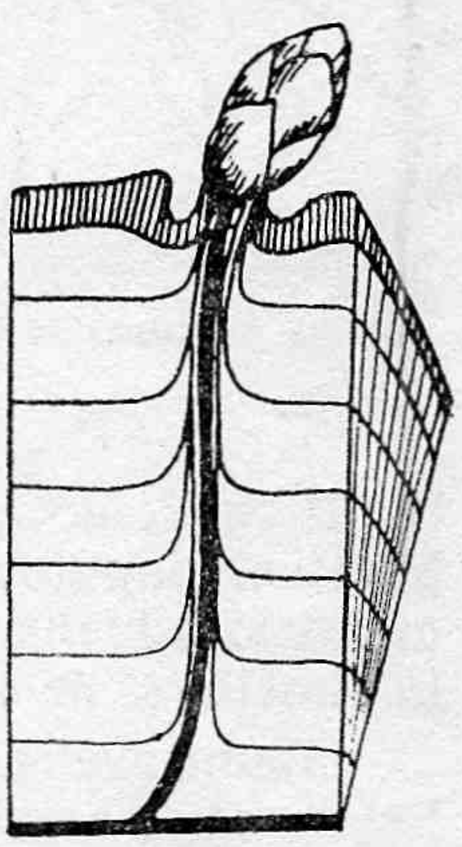


Fig. 125. Alcătuirea mugurului dormind :
legăturile lui cu țesuturile nutritive și alungirea axei sale în fiecare an (după Jukovski).

Mugurii adventivi sînt cei care nu-și au originea în vîrful vegetativ al tulpinii sau al ramurilor, ci se dezvoltă la nivelul nodurilor și internodurilor acestora, sau pe frunze și chiar pe rădăcini. Originea acestor muguri este la rădăcină în felogen și periciclu, la tulpină în cambiu, iar la frunze în cambiul nervurilor sau în epidermă. Mugurii adventivi pot apare îngrămădiți sub formă de excrescențe pe unele tulpini cu importanță deosebită în tîmplărie, care servesc la obținerea furnirelor folosite la fabricarea mobilei. Rolul lor este important în practică și pentru că reprezintă un mijloc de înmulțire a unor plante de cultură pe cale vegetativă.

La germinarea seminței, după apariția primului lăstar, are de obicei loc și ramificarea acestuia. Tulpina poate fi simplă sau neramificată, așa cum se întîlnește mai ales la monocotiledonate, iar dintre dicotiledonate doar la puține plante, ca de exemplu la *Corydalis intermedia* (brebenei). În cele mai multe cazuri tulpina este fie slab ramificată, fie foarte mult

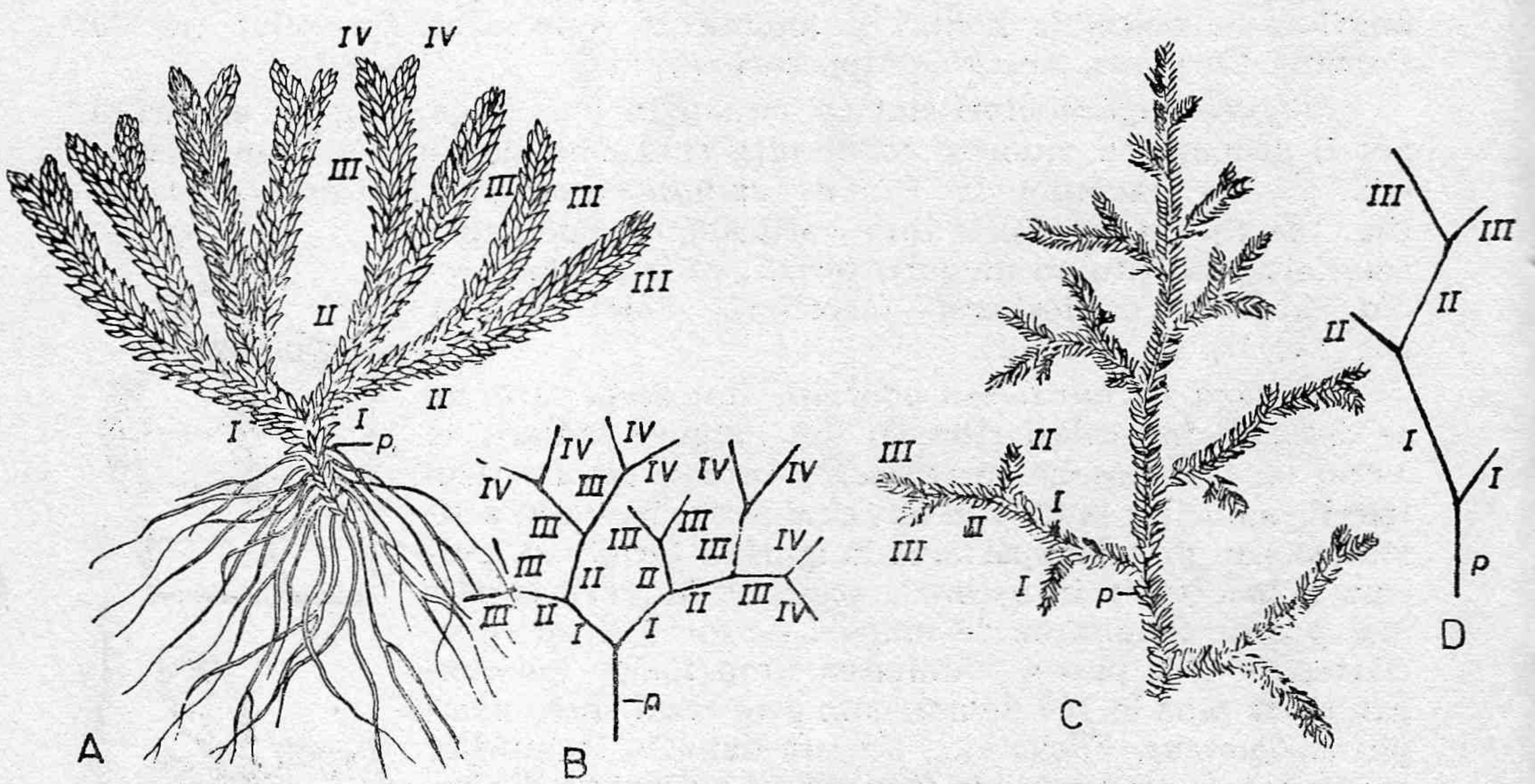


Fig. **126.** Ramificarea dichotomică a tulpinii :
isotomă, la *Huperzia selago* (*A—B*) și anisotomă la *Selaginella helvetica* (*C—D*) (după I. T. Tarnavschi și colab.).

ramificată ; aceasta se datorește în primul rînd condițiilor mediului ambiant și depinde de prezența sau absența mugurilor suplimentari, dorminzi și adventivi, de dispoziția frunzelor pe tulpină, toate acestea fiind în funcție și de ereditate.

Ramificarea tulpinii se vede foarte clar îndeosebi în grupul plantelor lemnoase. Aceasta poate fi, așa cum s-a arătat și la rădăcină, dichotomică și laterală. Ceea ce este caracteristic pentru *ramificarea dichotomică* este faptul că vîrful axului comun al ramificației se divide succesiv în cîte două ramuri, fie egale, fie inegale. Cînd axul comun al ramificației dichotomice se ramifică în două ramuri egale, iar acestea la rîndul lor tot în două ramuri egale și așa mai departe, se spune că este o ramificare dichotomică isotomă, ca la *Huperzia selago* (cornișor) (fig. 126, A, B). Cînd vîrful axului comun al ramificației se divide în două ramuri inegale, de obicei ramura mai lungă continuă creșterea și doar în rare cazuri se ramifică și ramura scurtă ; acest proces continuînd pînă la „n“ ramuri, se vorbește atunci de o ramificare *anisotomă* sau *simpodială*, ca la *Selaginella helvetica* (fig. 126, C, D). Există și cazuri, ca de exemplu la *Syringa vulgaris* (fig. 127, B), *Viscum album*, *Aesculus hippocastanum*, la care ramificarea

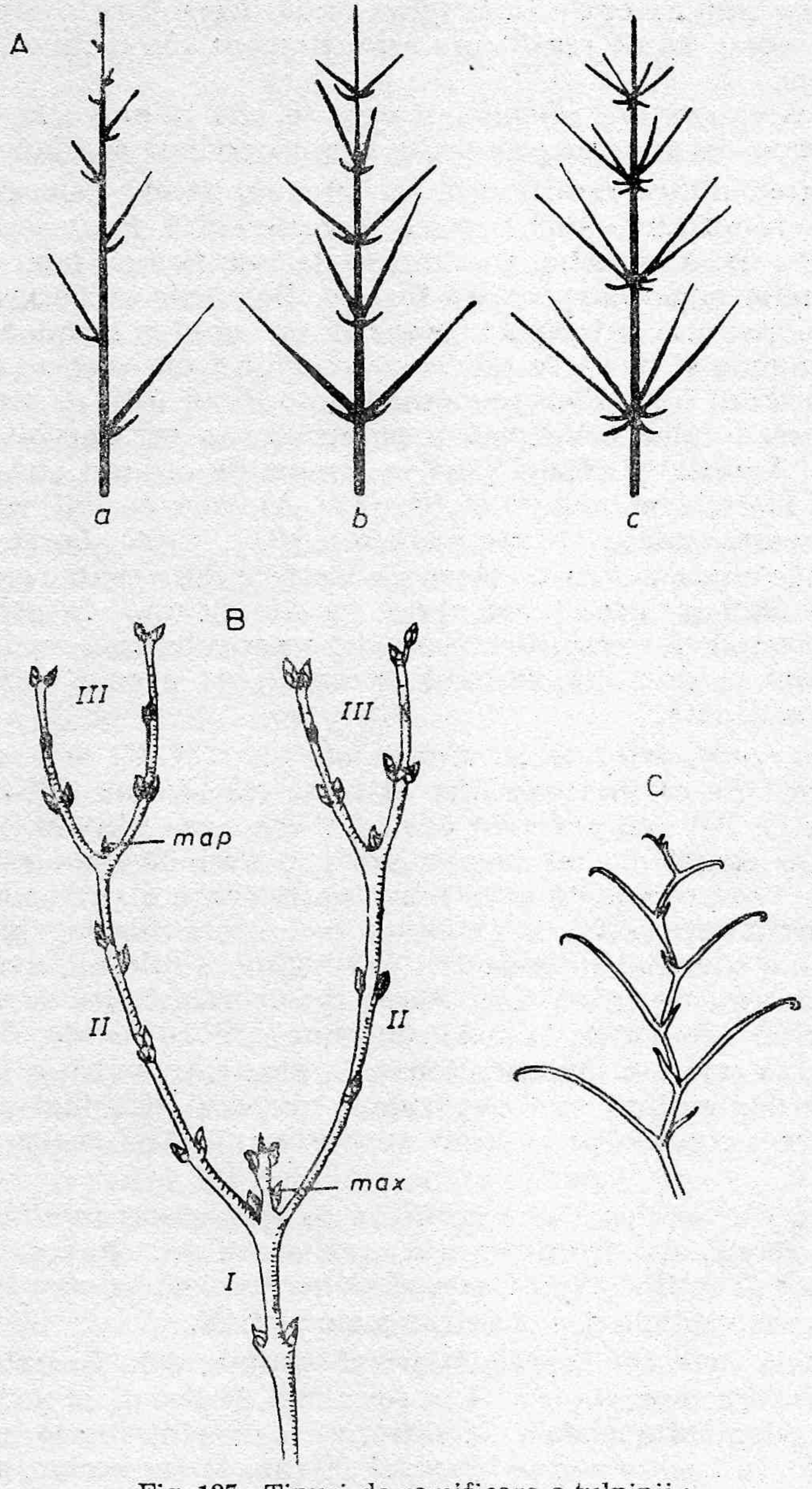


Fig. 127. Tipuri de ramificare a tulpinii :

A (*a*—*c*) — ramificare laterală monopodială (scheme) ; *B* — pseudodichotomie la *Syringa vulgaris; C* — ramificare simpodială la *Parthenocissus quinquefolia; map* — mugure apical; *max* — mugure axilar (*A* : după I. Ciobanu; *B* : după I. Morlava; *C* : după Strasburger).

este asemănătoare cu cea dichotomică. Aici, la un moment dat mugurul terminal își oprește creșterea, iar mugurii imediat următori, axilari și opuși, produc ramuri egale în lungime, ramificare care continuă pînă la „n“ ordine. Acest tip de ramificare este cunoscut sub denumirea de *pseudodichotomie*.

Ramificarea cea mai comună și care se află la majoritatea plantelor superioare este cea *laterală ;* ea poate fi monopodială și simpodială.

Deosebirea dintre ramificarea dichotomică și cea laterală constă în aceea că la ramificarea dichotomică, caracteristică în general plantelor inferioare, nu există bractei, în timp ce la ramificarea laterală, caracteristică plantelor superioare, există bractei. Ramurile se dezvoltă din muguri axilari. Ramura principală prezintă un mugur terminal prin care crește în lungime și pe ea se află muguri axilari din care se dezvoltă ramurile de ordinul întîi. Fiecare ramură de ordinul întîi se prezintă la fel ca ramura sau tulpina principală și pe aceasta se vor dezvolta ramuri de ordinul doi. Aceasta se repetă pînă la ramuri de ordinul „n“, constituind *ramificarea laterală monopodială* (fig. 127, A), care se întîlnește la unele plante lemnoase, cum ar fi spre exemplu *Abies, Picea, Larix* (larice), *Pinus, Fagus, Quercus, Fraxinus, Acer* ș.a. Caracteristic pentru genurile menționate este axul principal care crește cu timpul mult în grosime, drept (ortotrop) și totodată se ramifică puternic, constituind așa-numitul trunchi. Ramurile care se dezvoltă pe axul principal pot avea o poziție alternă, opusă sau verticilată.

În cazul *ramificării laterale simpodiale* (fig. 127, C), activitatea mugurului terminal fie că încetează, fie că el se transformă într-o floare, iar mugurul axilar cel mai apropiat continuă creșterea tulpinii. Același mod de ramificare caracterizează fiecare axă nou formată, care este puțin îndepărtată de cea precedentă și în felul acesta apare o axă principală, care de fapt aparent este astfel, în realitate însă este alcătuită din axe secundare care s-au succedat în creșterea în lungime a tulpinii, avînd aspectul unei ramuri crescute în zig-zag. Acest tip de ramificare se întîlnește la mulți arbori și arbuști de la noi, cum sînt : *Salix, Betula, Tilia, Malus, Pyrus* etc. Așa cum s-a mai menționat, în practică, pentru a favoriza formarea lăstarilor axilari, se îndepărtează mugurul terminal prin așa-numita „ciupire“, cum se procedează spre exemplu la *Lycopersicum esculentum.*

În afara acestor tipuri de ramificare se cunoaște și *ramificarea mixtă,* care este o combinație între cea monopodială și cea simpodială. O astfel de ramificare se întîlnește la *Gossypium herbaceum,* la care tulpina are o ramificare monopodială, iar cîrceii una simpodială.

Un sistem deosebit de ramificare se întîlnește la *Gramineae* și este denumit *înfrățire*. Aceasta constă în formarea de lăstari la nodurile bazale ale tulpinii, denumite *noduri de înfrățire*, care sînt foarte apropiate. În cazul de față, la fiecare nod se dezvoltă cîte un lăstar aerian, din mugurul situat la subsuoara unei frunze reduse numai la teacă. Lăstarul aerian se mai numește și lăstar „frate“, iar înfrățirea își face apariția încă din embrion, la care din mugurii axilari situați la subsuoara coleoptilului se formează noi tulpini („frați“).

Plantele care prezintă tulpina ramificată sînt avantajate față de cele simple, neramificate ; cele dintîi pot forma un număr mai mare de frunze,

care vor contribui la sintetizarea materiilor organice în cantitate mai mare.

În ramificarea tulpinii, succesiunea ramurilor se face pornind de la tulpina principală pînă la ramurile de ordin „*n*“ ; ramurile de ordin superior au apărut cele din urmă. Astfel fiind, la un arbore există ramuri bătrîne, mijlocii și tinere, ținînd seama de vîrsta lor. Deci, la plante sînt ramuri de vîrste diferite și acest fapt a dus la crearea unui anumit și regulat *ritm de dezvoltare* a plantei.

Ținînd seama de toate acestea, s-au stabilit o serie de reguli la coroana unui arbore și anume s-a constatat o scădere de la ordinile inferioare de ramificare spre cele superioare, în ceea ce privește durata de viață și energia de creștere, lungimea internodiilor și mărimea limbului, numărul mugurilor vegetativi, căderea florilor et.

De asemenea, s-a putut constata o creștere de la ordinile inferioare spre cele superioare cu privire la presiunea osmotică, gradul de înrădăcinare a butașilor, numărul mugurilor florali, înfloritul și coacerea fructelor, procentul de polen normal, capacitatea de încrucișare și formare de fructe, durata de păstrare a fructelor suculente, cantitatea de zaharuri solubile din partea cărnoasă a fructelor. Forma fructelor se schimbă de la ordinile inferioare spre cele superioare (de exemplu, un fruct de formă alungită devine sferic), iar numărul semințelor din fruct, greutatea medie a semințelor și puterea lor de germinație prezintă o creștere tot de la ordinile inferioare spre cele superioare.

În general, în grupul plantelor lemnoase, care prezintă creșteri anuale inegale, ramificarea duce la formarea a două categorii de ramuri : microblaste și macroblaste. *Microblastele* sau *brahiblastele* (fig. 128, 2) sînt ramuri scurte și neramificate, cu nodurile foarte apropiate, producînd de regulă flori și fructe și fiind numite *ramuri de rod*. *Macroblastele* sau *dolicoblastele* sînt ramuri lungi și ramificate la care internodiile sînt lungi de asemenea. În pomicultură se folosesc diferite metode de tăiere a ramurilor lungi, pentru obținerea de ramuri scurte, care vor conduce la un rod mai bogat.

Plantele care prezintă tulpina simplă, neramificată se numesc *monocaule* sau *haplocaule*, ca de exemplu *Tulipa*. Plantele care sînt ramificate prezintă diverse denumiri, ținînd seama de ordinul axelor. Astfel, plantele care prezintă axe de ordinul întîi, ce se termină cu organele de reproducere, se numesc *diplocaule*, cum ar fi *Capsella bursa-pastoris*. Plantele care prezintă organele de reproducere pe axele de ordinul doi se numesc *triplocaule*, ca exemplu *Plantago major* (pătlagina mare).

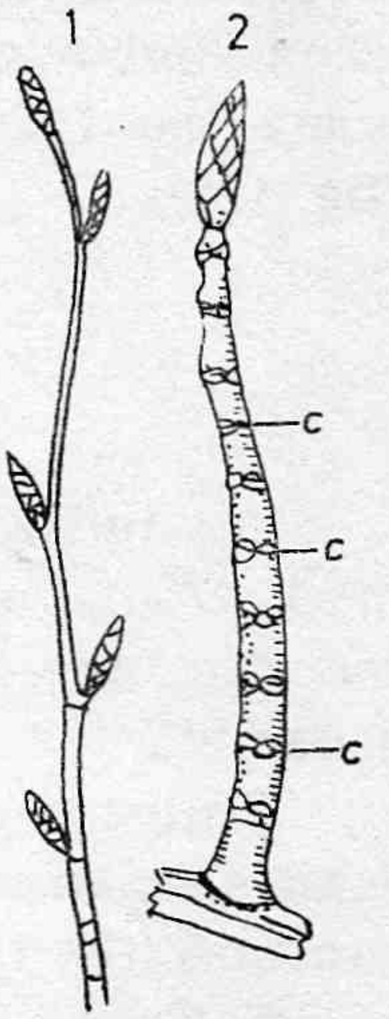


Fig. 128. Tipuri de ramuri la *Fagus* sp. :
1 — dolicoblat; *2* — brachiblast; *c* — cicatricile bracteelor (după I. Moraru).

Sistemul de ramificare poate fi modificat prin prezența ramurilor de „îmbogățire“, care se dezvoltă din mugurii suplimentari. Pe o axă mamă se formează mai mulți muguri laterali, din care unii vor forma numai axe, iar alții trec la viață latentă (muguri adormiți) sau se reduc. Din acești muguri adormiți, chiar după mai mulți ani se pot forma axe sau ramuri. De multe ori pe ramuri bătrîne se dezvoltă flori din muguri adormiți (proces denumit *cauliflorie*), iar din acestea se for-

meazã apoi fructul. Astfel se întîmplă la unii arbori ca : *Quercus, Fagus, Cercis siliquastrum* (arborele lui Iuda).

Ținînd seama de direcția de creștere a axei principale, se deosebesc următoarele tipuri de plante :

a) *ortotrope*, la care axele principale cresc direct în sus, iar simetria lor este radiară sau bilaterală ;

b) *plagiotrope*, la care axele sau ramurile de ordin secundar, terțiar etc., sînt orientate oblic față de substrat și prezintă o simetrie dorsoventrală ;

c) *repente*, la care axa principală și cu axele secundare sau ramurile laterale sînt alipite de substrat.

Dezvoltarea axelor laterale, ținînd seama de intensitatea lor de creștere, poate fi de mai multe tipuri : *basitonă*, cînd se dezvoltă mai puternic ramurile de la bază ; *mesotonă*, cînd se dezvoltă mai puternic ramurile de la mijloc și *acrotonă*, cînd se dezvoltă mai puternic ramurile de la vîrf.

Fig. 129. Raportul dintre primordiile bracteelor și cele ale mugurilor axilari, în secțiune longitudinală (după S t r a s b u r g e r).

Ținînd seama de felul cum se pot dezvolta ramurile secundare sau laterale se cunosc trei tipuri de dezvoltare : în primul caz primordiul axei secundare se dezvoltă din țesutul axei mame, imediat deasupra bazei frunzei și după ce aceasta s-a dezvoltat ; în al doilea caz primordiul axei secundare se dezvoltă din țesutul primordiului frunzei ; în al treilea caz primordiul axei secundare se dezvoltă înaintea frunzei din țesutul axei mame, iar frunza se dezvoltă apoi din țesutul bazal al axei secundare, (fig. 129).

4.7.2. ANATOMIA TULPINII

Țesuturile definitive ale structurii primare iau naștere din activitatea meristemului apical, completată la unele plante și de meristemul intercalar. Țesuturile definitive ale structurii secundare sînt generate de felogen și cambiu.

Pentru explicarea structurii și funcționării meristemului apical al tulpinii s-au emis mai multe teorii, al căror conținut este redat în cele ce urmează (fig. 130).

1. *Teoria „celulei apicale-inițiale unice“* (N a e g e l i, 1845 ; H o f m e i s t e r, 1851). După această teorie toate apexurile tulpinilor s-ar forma plecînd de la diviziuni pericline și anticline ale unei singure celule inițiale ; aceasta are forma unei piramide cu 4—5 fețe, sau formă lenticulară. Această teorie se verifică numai la anumite plante : alge brune *(Dic-*

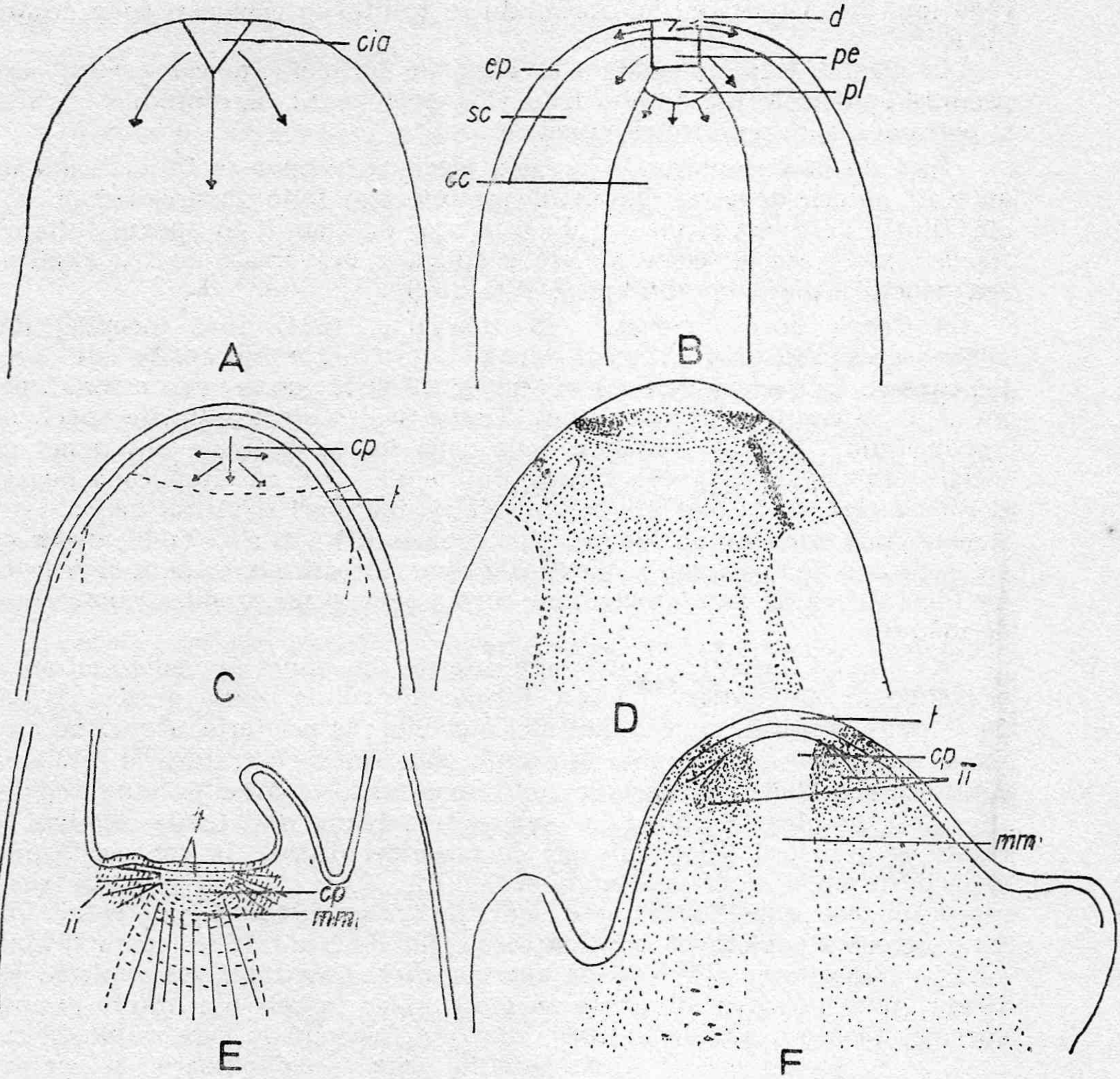


Fig. 130. Scheme reprezentînd explicarea structurii apexului caulinar după diferite teorii :

A — teoria „celulei inițiale apicale"; *B* — teoria „histogenelor"; *C* — teoria „tunica-corpus"; *D* — reprezentarea zonei organogene a apexului la *Dicotyledonatae; E* — reprezentarea zonei organogene a apexului la *Myosurus minimus; F* — reprezentarea zonei organogene a apexului la *Vicia faba*; *cc* — cilindru central; *cia* — celulă inițială apicală; *cp* — corpus; *d* — dermatogen; *ep* — epidermă; *ii* — inel inițial; *mm* — meristem medular; *pe* — periblem; *pl* — plerom; *sc* — scoarță; *t* — tunică (după L a n c e-N o u g a r è d e).

tyota), mușchi și multe ferigi *(Equisetum, Selaginella* etc.). La *Spermatophyta* nu se verifică această teorie.

2. *Teoria „histogenelor"* (H a n s t e i n, 1868—1870). Conform acestei teorii, țesuturile din vîrful tulpinii sînt produse de „histogene", apărute pe seama inițialelor sau grupelor de inițiale care formează promeristemul terminal. Diferitele părți ale meristemelor terminale ar avea ca punct de plecare nu o singură celulă inițială, ci o serie de celule suprapuse. H a n s t e i n consideră că cele trei foițe „histogene" sînt omoloage în tulpină și

rădăcină, din activitatea lor formîndu-se ţesuturile aceloraşi zone anatomice.

În apexul tulpinii există trei etaje de iniţiale : *dermatogenul,* care produce epiderma tulpinii şi a frunzelor, *periblemul,* care produce scoarţa şi *pleromul,* care produce cilindrul central.

Încă de la formularea ei această teorie a început să fie criticată de anumiţi autori, deoarece limita dintre cele trei foiţe „histogene" şi mai ales dintre periblem şi plerom nu este uşor de stabilit în apexul tulpinii. Aşadar, nici această teorie nu are o aplicaţie universală pentru explicarea structurii meristemului apical al tulpinii.

3. *Teoria „tunica-corpus"* (S c h m i d t, 1924). Încă începînd din 1891, concepţiile lui K o c h erau deja foarte apropiate de acelea care au fost emise de S c h m i d t în 1924. În lucrarea sa asupra apexului de la conifere (*Pinus, Abies, Taxus*-tisa) şi de la diferite specii de *Lycopodium,* K o c h remarcă două zone foarte distincte din punct de vedere citologic : *capişonul,* format din celule mici, cu citoplasmă bogată şi *corpul central,* format din celule relativ mai mari şi vizibil vacuolizate. Aceste două zone nu corespund „histogenelor" lui H a n s t e i n, deoarece capişonul va da epiderma şi ţesuturile conducătoare ale tulpinii şi frunzelor (deci diferă de dermatogen), iar corpul central nu produce nimic afară de măduvă.

S c h m i d t distinge două zone diferite din punct de vedere citologic şi histologic : în centru, *corpusul,* format din celule izodiametrice, cu vacuole mari, dispuse aparent fără nici o ordine ; la periferie, acoperind corpusul, se află *tunica,* formată din unul, două sau trei straturi de celule cu conţinut mai dens, cu vacuole mult mai mici, dispuse în mod regulat (fig. 131). În plus S c h m i d t remarcă diviziuni anticlinale regulate în tunică şi diviziuni periclinale ori cu orientări diverse în corpus. Tunica şi corpusul nu sînt „histogene" în sensul lui H a n s t e i n. Această teorie este mult mai „suplă" şi nu este legată de un anumit număr de celule iniţiale ; această supleţe permite ca teoria lui S c h m i d t să poată fi aplicată la majoritatea speciilor de *spermatofite.* Dar, cu toată supleţea sa, teoria „tunica-corpus" se poate cu greu aplica la cele mai multe gimnosperme, deoarece aici se întîlnesc diviziuni periclinale care dublează tunica ; situaţia este asemănătoare şi pentru multe graminee, unde dealtfel tunica nu este clar definită.

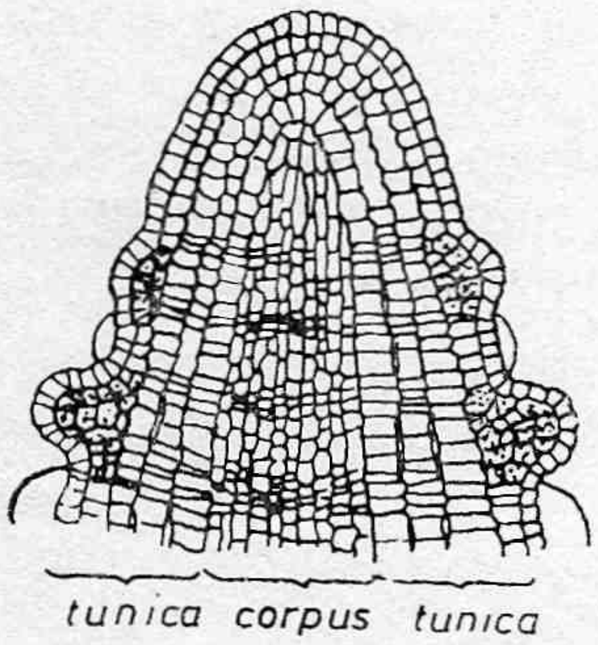


Fig. **131.** Secţiune longitudinală prin vîrful vegetativ caulinar de *Hippuris vulgaris* (după S t r a s b u r g e r).

Ultimele două teorii presupun că apexul este zona activă şi determinantă a funcţionării sale. Analiza citologică a apexului de la *Spermatophyta* arată, însă, că sediul celei mai intense activităţi mitotice nu se află chiar în vîrful apexului.

4. *Teoria „inelului iniţial"* (P l a n t e f o l, 1947—1948). Conform acestei teorii, la care aderă B u v a t (1952) şi elevii săi, celulele de la baza şi de la periferia unui vîrf vegetativ sînt acelea care prezintă un caracter citologic diferenţiat. După P l a n t e f o l şi B u v a t, apexul tulpinii este constituit din trei zone :

a) zona apical-centrală (meristem „în așteptare"), formată din celule care se divid mai puțin activ, prezintă vacuole și plastide diferențiate, deci au puține însușiri proprii țesuturilor meristematice ; această zonă va juca, mai tîrziu, rol în formarea primordiului florii sau al inflorescenței ;

b) zona periferică (inel inițial) ce mărginește zona apical-centrală are formă de inel și este formată din celule cu activitate meristematică intensă ; la nivelul acestei zone se organizează frunzele și scoarța tulpinii ;

c) meristemul medular, care se găsește sub zona apical-centrală și este format din șiruri regulate de celule ce vor da, prin diviziuni și diferențiere, măduva.

În sprijinul concepției lui P l a n t e f o l vin numeroasele observații ale lui B u v a t și ale elevilor săi, care arată că frunzele sînt rare în apex și frecvente la nivelul inelului inițial ; în plus, celulele din vîrful apexului prezintă deja un început de diferențiere (sînt mai mari, vacuolizate, mai puțin bogate în cromatină și substanță nucleolară). B u v a t crede că inițialele din vîrful tulpinii de la *Spermatophyta* nu au nici o valoare histo- și morfogenetică în timpul dezvoltării vegetative, ele rămînînd inactive în această perioadă.

Teoria „inelului inițial" se apropie totuși mult de teoria „tunica-corpus", cu deosebirea că în primul caz tunica devine importantă la o anumită distanță de apex, pentru a forma un țesut numit *filogen* (care constituie originea primordiilor foliare), în formă de inel superficial. Este vorba deci de o modificare a meristemului plan, care este, în acest caz, tunica și care devine activ în special în anumite puncte, precedînd apariția primordiilor foliare. Primordiile foliare și cele de ramuri sînt, dealtfel, formate în urma diviziunilor pericilinale subdermatogenice.

După B u v a t (1955), structura meristemului apical al tulpinii s-ar putea astfel schematiza :

- tunica
  - — inel inițial (→tulpină și frunze) (partea situată lateral)
  - — promeristem sporogen (partea situată apical)
- corpus
  - — promeristem receptacular (partea de sus)
  - — meristem medular (→măduvă) (partea de jos)

} meristem „în așteptare" (→flori)

În activitatea meristemului „în așteptare" se observă mari variații în momentul înfloririi ; zona apical-centrală a vechiului meristem vegetativ nu se divide totdeauna activ. Totuși, arată N o u g a r è d e (1965), chiar în cazul cînd diferențele de activitate între creșterea vegetativă și înflorire sînt mai puțin tranșante, în momentul înfloririi se observă o evidențiere a caracterelor meristematice ale tuturor celulelor apicale.

Prin cercetările unor autori ca *Popham, Johnson, Foster, Boke, Sterling, Plantefol, Buvat, Nougarède, Camefort* ș.a. s-au stabilit mai multe tipuri de apex al tulpinii de la *Cormophyta,* pentru explicarea cărora se aplică una sau alta din teoriile prezentate mai înainte.

Tipul filicin (fig. 132, I). Meristemul apical se formează pe seama unei singure celule inițiale (se verifică teoria lui H o f f m e i s t e r). Prin diviziuni repetate, paralele cu fețele ei, rezultă celule fiice pe seama cărora se vor organiza țesuturile apexului. Este caracteristic pentru speciile de *Psilotum* și *Equisetum* precum și pentru multe specii dintre *Filicales.*

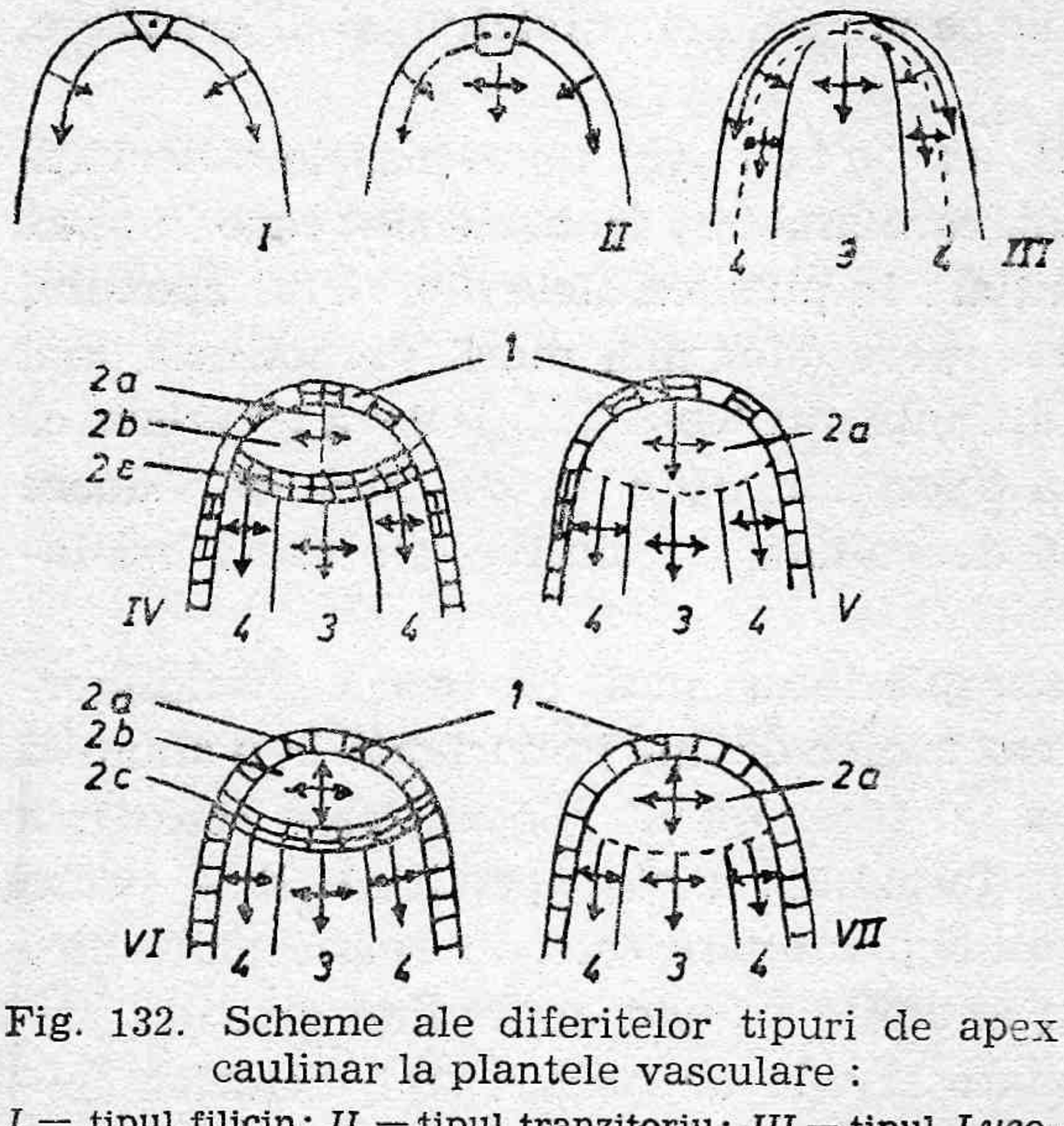


Fig. 132. Scheme ale diferitelor tipuri de apex caulinar la plantele vasculare :

I — tipul filicin; *II* — tipul tranzitoriu; *III* — tipul *Lycopodium*; *IV* — tipul *Ginkgo; V* — tipul *Abies-Cryptomeria*; *VI* — tipul *Opuntia; VII* — tipul angiospermian clasic; *1* — meristem superficial; *2 a* — inițiale subapicale; *2 b* — masiv central de celule mame; *2 c* — pătură cambiformă; *3* — zonă centrală; *4* — zonă periferică (după B o u r e a u).

Tipul tranzitoriu (fig. 132, II). Meristemul apical se formează plecînd de la mai multe (adesea trei) celule inițiale apicale. Este caracteristic pentru *Marattia fraxinea* și unele specii de *Selaginella (S. walluchii, S. grandis).* Reprezintă un tip de apex evoluat față de precedentul. Dealtfel toate celelalte tipuri pe care le vom analiza mai jos se organizează plecînd de la mai multe inițiale sau grupe de inițiale.

Tipul Lycopodium (fig. 132, III). Este caracteristic pentru speciile de *Lycopodium* și *Isoëtes,* unele specii de *Selaginella, Cycas revoluta.* Meristemul apical este format din următoarele zone :

— un meristem superficial, care acoperă apexul și este format din celule de forme și dimensiuni variabile, rezultate din diviziuni anticlinale, periclinale și radiare, dispuse în mod neregulat : el va da cel puțin epiderma ;

— un meristem central, localizat sub cel superficial ; celulele de la partea superioară se divid periclinal, iar cele de la partea inferioară, anticlinal și radiar, formînd un masiv celular neregulat : va da măduva (la *Cycas*) sau cilindrul central (la *Lycopodium*) ;

— un meristem periferic, care înconjoară pe cel precedent și provine din celulele laterale ale meristemului superficial sau ale celui central : va da scoarța și constituie, totodată, originea procambiului și a primordiilor foliare (ex. *Cycas*) ; la *Selaginella* și *Lycopodium,* primordiile foliare provin din meristemul superficial.

Tipul Ginkgo (fig. 132, IV) (caracteristic pentru aproape toate speciile de *Cycadeae*, pentru *Ginkgo*, *Sequoia sempervirens*, *Pseudotsuga taxifolia).* În meristemul apical se disting următoarele zone :

— meristemul superficial inițial : celulele se divid în toate sensurile, dînd toate celulele din vîrful apexului ;

— zona inițială subapicală : celulele provin din meristemul superficial și sînt dispuse în șiruri longitudinale verticale ;

— zona centrală de celule-mame : celulele se divid în toate sensurile, sînt mari, vacuolizate și au pereții subțiri ; la partea internă se formează *zona cambiformă* ;

— meristemul central : celulele iau naștere pe seama zonei cambiforme și vor da parenchimul medular ;

— zona laterală : celulele din straturile externe sînt mici, iar cele din straturile interne sînt mari, aflate în continuarea celulelor de pe flancurile zonei centrale ; din această zonă se organizează epiderma, primordiile foliare, scoarța, procambiul și chiar parenchimul medular periferic.

Tipul Abies-Cryptomeria (caracteristic pentru majoritatea speciilor de *Pinaceae* și *Taxodiaceae*). În mare, prezintă aceleași zone ca și tipul precedent :

— zona inițială superficială : celule inițiale mari, puțin numeroase, ce se divid în toate sensurile ;

— zona de celule subapicale : celule mici, mai puțin vacuolizate ce se divid anticlinal și oblic ; ea este originea zonei lateral-periferice și a meristemului central ;

— meristemul central : celule mari, vacuolizate, dispuse în șiruri care au luat naștere din zona precedentă, fără intervenția unei zone cambiforme și va da măduva ;

— meristemul periferic : celule mici, dispuse paralel cu suprafața apexului, ce vor forma primordiile foliare, scoarța și procambiul.

Tipul Opuntia (fig. 132, VI) (caracteristic pentru *Opuntia*, *Phoenix*, *Bellis*, *Liriodendron*, *Chrysanthemum* etc.). În apexul de acest tip se disting următoarele zone :

— anvelopa externă : unul sau mai multe straturi de celule, care se divid anticlinal la suprafață și periclinal în profunzime (numai stratul extern se poate numi tunică) ;

— masivul (meristemul) central : celule mari, vacuolizate, cu pereți ușor îngroșați, care se divid în toate sensurile, iar la partea internă celulele formează o zonă cambiformă ;

— meristemul în șiruri : ia naștere din zona cambiformă și este format din celule vacuolizate ;

— meristemul periferic : celule mici, ce se divid anticlinal și periclinal ; va da naștere primordiilor foliare, scoarței și procambiului (parțial sau în întregime).

Tipul angiospermian clasic (fig. 132, VII) (caracteristic pentru majoritatea speciilor de *Angiospermae*). În structura apexului se disting următoarele zone :

— anvelopa externă : unul sau mai multe straturi de celule care se divid în cea mai mare parte anticlinal, constituind tunica tipică ;

— zona inițială subapicală : un masiv de celule mari, vacuolizate, ce se divid în toate sensurile ;

— meristemul central : celule foarte vacuolizate, dispuse în șiruri verticale și care iau naștere din zona precedentă ;

— meristemul periferic : provine din tunică și din celulele zonei inițiale subapicale.

În concluzie, la *Angiospermae* numărul straturilor ce alcătuiesc tunica variază : 1—3 la *Monocotyledonatae* și 1—5 la *Dicotyledonatae*. Numărul straturilor din tunică mai poate varia în cursul dezvoltării ontogenetice și sub influența schimbărilor sezoniere de creștere ori în legătură cu formarea frunzelor.

4.7.2.2. STRUCTURA PRIMARĂ A TULPINII

Înainte de a trece la descrierea structurii tulpinii cormofitelor trebuie menționată structura internă a unei tulpinițe de la *Bryophyta* (v. fig. 96). Structura acesteia, în general, este simplă și se disting (într-o secțiune transversală), pornind de la periferie spre centru, mai multe zone :

La exterior se află un *țesut protector*, o epidermă constituită dintr-un strat de celule mai mult sau mai puțin asemănătoare și care nu prezintă stomate ; acestea sînt prezente la pedicelul sporogonului.

După epidermă urmează un *țesut cortical* (scoarță), constituit din celule parenchimatice. Celulele din straturile cele mai periferice sînt dispuse ordonat și prezintă pereții îngroșați, astfel încît acestea contribuie la rezistența tulpinii, fiind vorba deci de un țesut de susținere.

În centru se află un țesut sub formă de cordon, care ar constitui un *cilindru central*, în care celulele sînt, de asemenea, parenchimatice. Celulele din această zonă sînt mai înguste și mai alungite față de cele din scoarță și au rol în conducerea substanțelor nutritive, reprezentînd un țesut conducător rudimentar, format (după părerea celor mai mulți autori) numai din elemente liberiene.

La anumite plante, ca de ex. la *Sphagnum* (mușchiul de turbă), unele celule din această zonă sînt mai diferențiate, prezentînd pereți perforați, și funcționează ca celule absorbante. Acest mușchi, lipsit de rizoizi, este răspîndit în mlaștini și turbării, din care absoarbe apa prin capilaritate la nivelul celulelor absorbante.

Structura tulpinii la Pteridophyta. Primul grup de plante la care se poate vorbi de o tulpină veritabilă îl constituie pteridofitele, la care acest organ prezintă o diversitate de structuri în funcție de dispoziția țesutului conducător. În general tulpina prezintă trei zone ce se succed de la periferie spre centru și anume : *epiderma, scoarța* și *cilindrul central*.

Un exemplu de structură foarte simplă îl reprezintă *Psilotum triquetrum* (fig. 133, B). Epiderma are celule alungit-dreptunghiulare, orientate paralel cu raza ; din loc în loc se află stomate. Scoarța este groasă și diferențiată în două zone : una externă și alta internă. Scoarța externă începe cu un parenchim clorofilian și se continuă cu cîteva straturi de celule sclerenchimatice. Scoarța internă este în întregime parenchimatică și se termină cu o endodermă. Cilindrul central începe cu un periciclu,

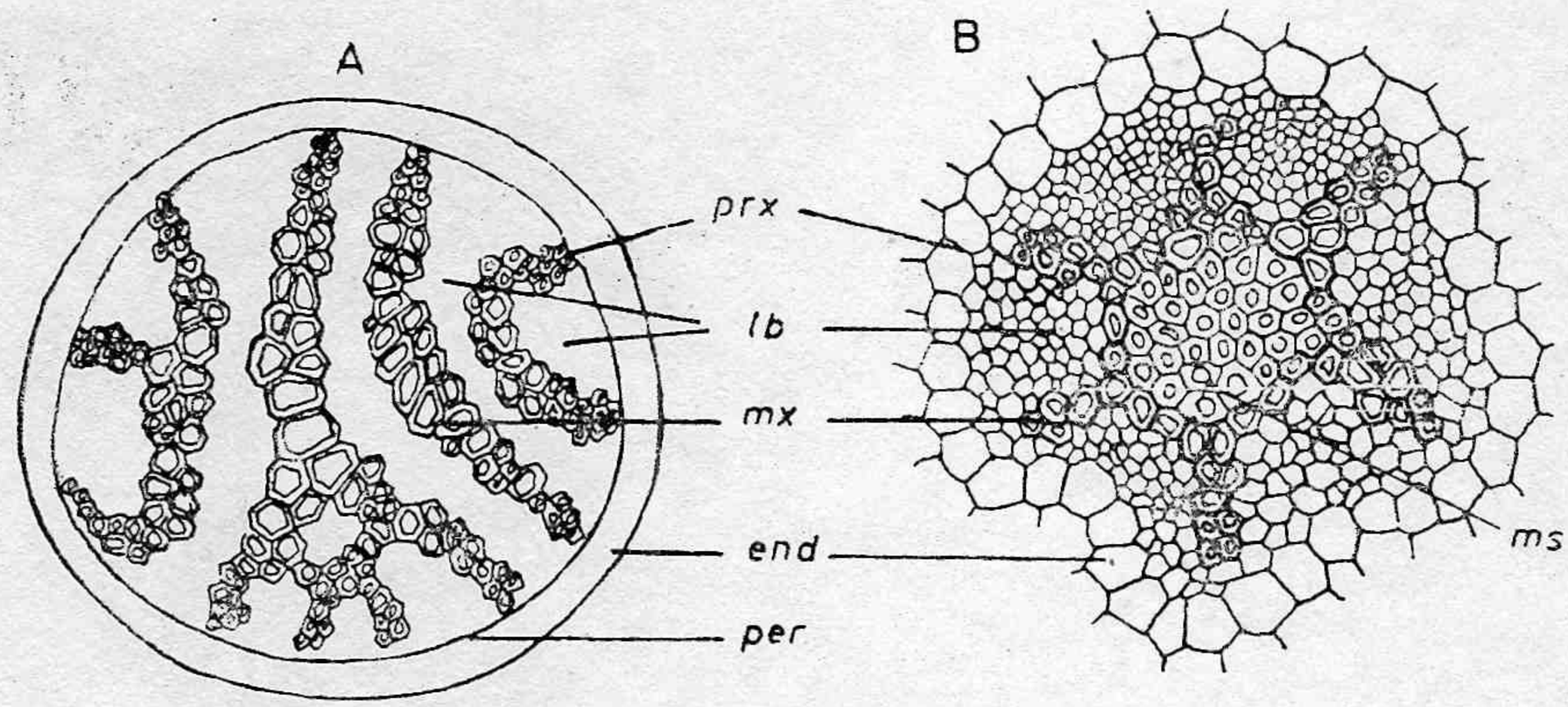


Fig. **133.** Secţiuni transversale prin cilindrul central al tulpinii (*A — Lycopodium chamaecyparissus* : schemă; *B — Psilotum triquetrum :* detaliu :
end — endodermă; *lb* — liber; *ms* — măduvă sclerificată; *mx* — metaxilem; *per* — periciclu; *prx* — protoxilem (după D e y s s o n).

iar în interior se află ţesutul conducător : lemnul dispus sub formă de stea (în secţiune transversală), între braţele căreia se disting fasciculele de liber. Această structură aminteşte de cea a rădăcinii, dezvoltarea lemnului fiind centripetă. În axul tulpinii se află măduva, formată din celule sclerificate.

Structura cilindrului central variază de la un protostel stelat (actinostel), caracteristic pentru *Psilotum triquetrum,* la un *plectostel,* caracteristic unor specii de *Lycopodium* (fig. 133, A).

Un alt exemplu dintre pteridofite îl reprezintă *Equisetum* (fig. 134).

O secţiune transversală făcută prin tulpina sterilă prezintă un contur sinos-circular, alternînd porţiuni proeminente (creste) şi şanţuri (valecule) ; mărimea crestelor şi a valeculelor, precum şi numărul lor, destul de constant la unii taxoni, sînt caractere de identificare a speciilor de *Equisetum.*

Epiderma are celule cu pereţi îngroşaţi şi silicificaţi. Scoarţa este foarte groasă, fiind reprezentată prin cordoane hipodermice de celule mecanice şi parenchim (clorofilian spre exterior şi incolor, lacunos, spre interior) ; acesta din urmă se termină cu o endodermă de tip primar. Cilindrul central este reprezentat prin parenchim fundamental, în care se află — dispuse pe un cerc — fascicule conducătoare libero-lemnoase şi o mare lacună medulară. Primele elemente de lemn se resorb, rezultînd o lacună fasciculară protoxilemică ; vasele de metaxilem se află atît pe flancurile acestei lacune, cît şi pe flancurile liberului (orientat întotdeauna spre exteriorul organului).

Ca şi rădăcina, tulpina plantelor din grupa *Spermatophyta* are o structură primară şi una secundară. Structura primară caracterizează tulpina tuturor cormofitelor, în timp ce structura secundară apare îndeosebi la spermatofitele lemnoase *(Gymnospermae* şi *Dicotyledonatae).* La majoritatea dicotiledonatelor ierbacee perene se constată, de asemenea, o structură secundară care determină creşterea în grosime a tulpinii.

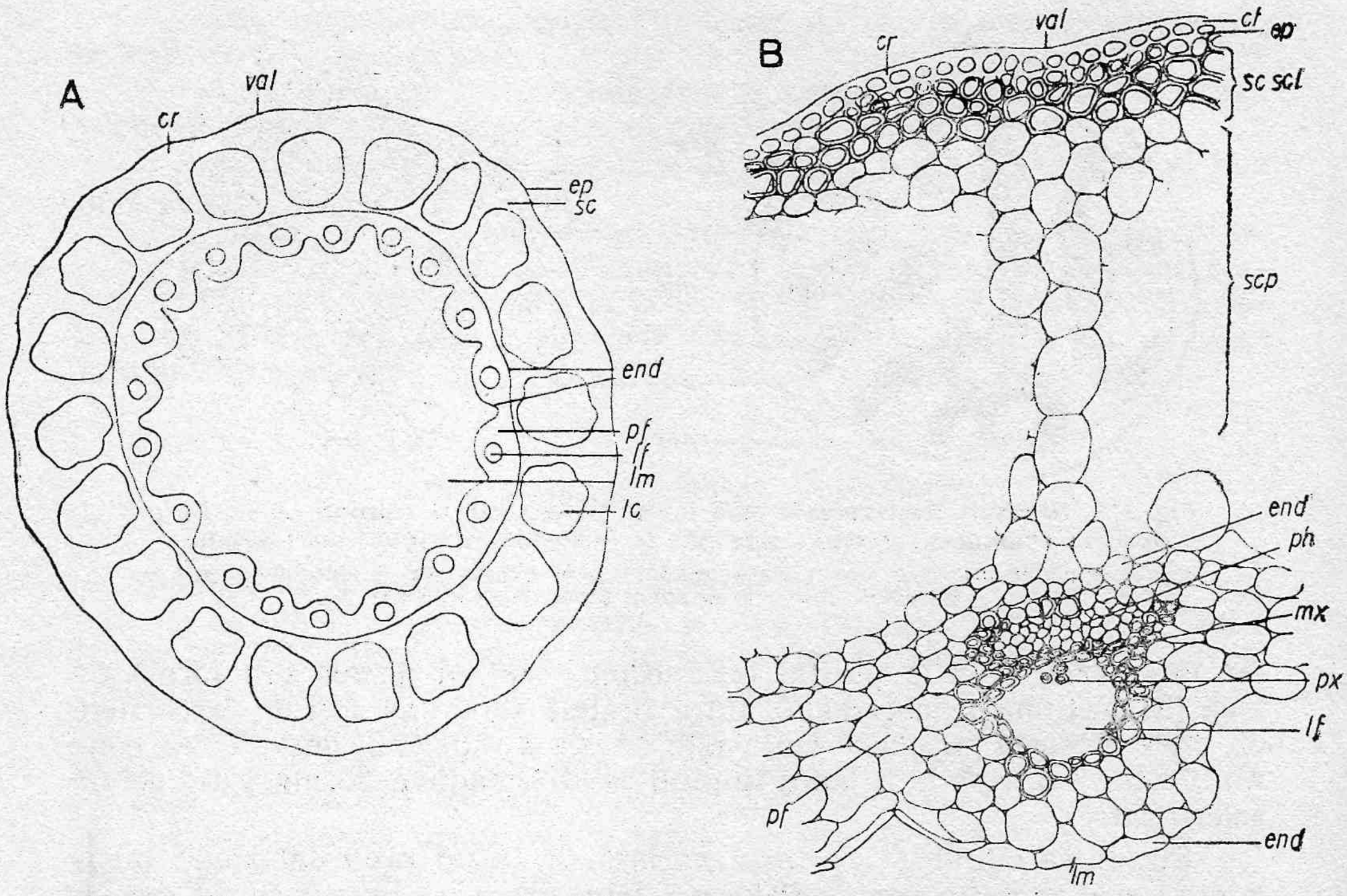


Fig. **134.** Structura primară a tulpinii de *Equisetum maximum* (secțiune transversală) : *A* — schemă; *B* — detaliu; *cr* — creste; *ct* — cuticulă; *end* — endodermă; *ep* — epidermă; *lc* — lacună corticală; *lf* — lacună fasciculară; *lm* — lacună medulară; *mx* — metaxilem; *pf* — parenchim fundamental; *ph* — floem (liber); *px* — protoxilem; *sc* — scoarță; *scp* — scoarță parenchimatică; *sc scl* — scoarță sclerenchimatică; *val* — valecule (după I. T. Tarnavschi și colab.).

Structura tulpinii la Dicotyledonatae (fig. 135). Ca exemplu vom lua pe *Ranunculus acer*. Într-o secțiune transversală prin tulpină se disting următoarele zone anatomice : epiderma, scoarța și cilindrul central.

Epiderma este un țesut apărător alcătuit dintr-un singur strat de celule, vii, de formă prismatică, regulate, strîns alipite între ele, cu peretele extern îngroșat, cutinizat, cerificat sau mineralizat. În mod obișnuit celulele nu prezintă cloroplaste, iar printre ele se află peri și stomate.

Scoarța este alcătuită din mai multe straturi de celule parenchimatice, mari, de formă poliedrică sau rotunjite, cu spații intercelulare și în care se disting două subzone. La plantele ce au tulpinile aeriene verzi, *zona externă* prezintă numeroase cloroplaste, formînd un țesut parenchimatic asimilator. Uneori celulele din această zonă se transformă în elemente mecanice, fie colenchimatice, fie sclerenchimatice. Acestea pot fi dispuse sub forma unui manșon hipodermic, continuu, ca la *Helianthus annuus*, sau sub formă de cordoane ori plăci, ca la *Umbelliferae* și *Labiatae*. În general, colenchimul se formează numai în straturile externe ale scoarței, pe cînd sclerenchimul poate apare oriunde în scoarță. *Zona internă* este incoloră, în mod obișnuit fiind reprezentată printr-un țesut

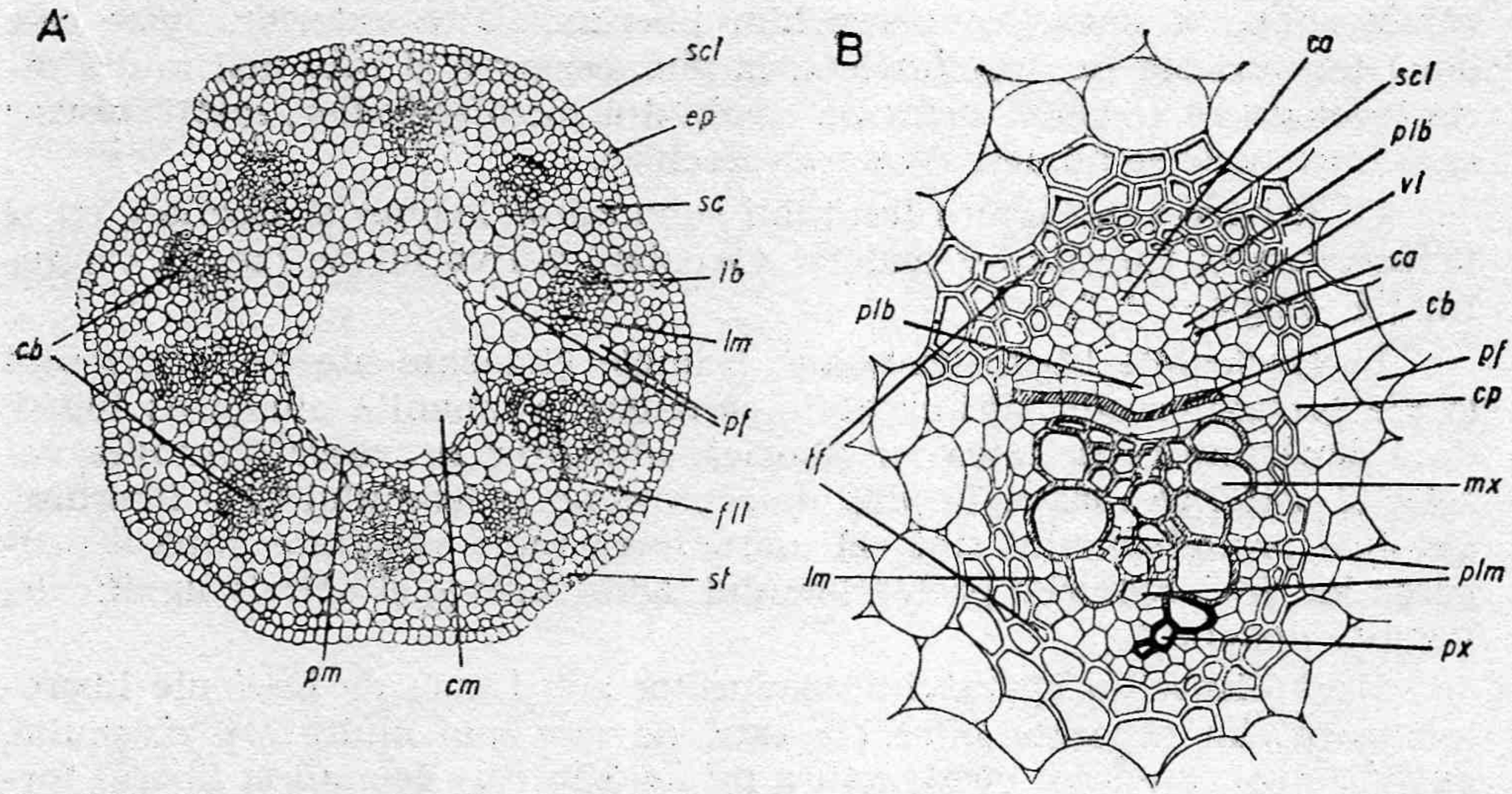


Fig. **135.** Structura primară a tulpinii de *Ranunculus repens* (secţiune transversală) : *A* — ansamblu; *B* — fascicul conducător mărit; *ca* — celule anexe; *cb* — cambiu (libero-lemnos); *cm* — canal medular; *cp* — celule de pasaj; *ep* — epidermă; *fil* — fascicul libero-lemnos; *lb* — liber; *lm* — lemn; *mx* — metaxilem; *pf* — parenchim fundamental; *plb* — parenchim liberian; *plm* — parenchim lemnos; *pm* — parenchim perimedular; *px* — protoxilem; *sc* — scoarţă; *scl* — sclerenchim; *st* — stomate; *tf* — teacă fasciculară; *vl* — vase liberiene (tuburi ciuruite) (*A* : după I. Grinţescu; *B* : după Strasburger).

înmagazinator de materii de rezervă. În scoarţă pot fi celule cu cristale de oxalat de calciu, celule secretoare, glandulare etc.

În tulpinile plantelor ierbacee nu se observă, de regulă, o endodermă ca la rădăcină ; ea apare vizibilă îndeosebi la rizomi, la tulpinile plantelor acvatice şi la multe plante lemnoase ; în ultimul caz nu prezintă diferenţieri speciale, motiv pentru care a fost numită încă şi *endodermoid* sau *teacă amiliferă,* avînd rol protector, iar uneori conţinînd grăuncioare de amidon ori cristale minerale.

Cilindrul central sau stelul (în sens larg) este format din acelaşi ţesut ca şi scoarţa, adică de natură parenchimatică, ţesut în care sînt dispuse fasciculele conducătoare libero-lemnoase.

În cazuri mai rare, cilindrul central începe cu un periciclu, ca şi la rădăcină ; în acest caz el poate fi uni- sau pluristratificat. Din periciclu se pot forma muguri adventivi şi rădăcini adventive. Uneori el formează un ţesut mecanic, continuu sau numai în dreptul fasciculelor conducătoare.

Ţesutul parenchimatic ce se află între fasciculele vasculare alcătuieşte *razele medulare* primare, iar ţesutul parenchimatic central, înconjurat de fasciculele vasculare, alcătuieşte măduva.

Cînd celulele parenchimului medular nu ţin pas în dezvoltarea lor cu celulele din restul ţesuturilor înconjurătoare, atunci ele se rup şi lasă în felul acesta la centrul tulpinii un spaţiu gol, un canal, numit *canal medular,* ca la multe *Ranunculaceae,* la *Cucurbitaceae, Umbelliferae, Labiatae* etc. Tulpinile care prezintă un astfel de canal se numesc fistuloase.

În cilindrul central al tulpinii fasciculele sînt mixte, libero-lemnoase, cu lemnul (alcătuit din vase şi uneori din parenchim lemnos) dispus către interiorul organului, iar liberul (alcătuit din tuburi ciuruite,

celule anexe și uneori și parenchim liberian) către exterior. Între cele două țesuturi ale fiecărui fascicul, la gimnosperme și cele mai multe dicotiledonate se constată prezența cambiului intrafascicular, motiv pentru care fasciculele se numesc colateral-deschise.

Cu privire la structura țesutului conducător lemnos și liberian, cît și la structura și tipurile fasciculelor vasculare s-a vorbit pe larg la capitolul Histologie.

În fasciculele libero-lemnoase, primele elemente ale protofloemului și ale protoxilemului sînt capabile să sufere o anumită alungire ; totuși, dacă depășește capacitatea lor plastică, alungirea provoacă deșirarea vaselor și astfel se constituie *polii de regresiune* ai lemnului și ai liberului. Celulele protofloemului sînt cel mai adesea rapid resorbite după distrugerea lor, însă resturile protoxilemului, adică inelele și spirele lignificate, persistă nedefinit.

Dacă dispoziția aparatului conducător sub formă de fascicule libero-lemnoase clar separate între ele este, de cele mai multe ori, obișnuită, există totuși și tulpini cu structura primară în care lemnul și liberul formează un cerc (cilindru) practic continuu, așa cum este cazul de exemplu la tulpinile de *Veronica beccabunga* (șopîrlița) sau la multe specii de *Caryophyllaceae*.

O tulpină cu structură primară se distinge de o rădăcină cu structură primară prin următoarele caractere :

— prezența epidermei prevăzute cu cuticulă și stomate ;

— dispoziția suprapusă a aparatului libero-lemnos și diferențierea centrifugă a lemnului ;

— scoarța mult mai redusă și de regulă asimilatoare ; în general endoderma este nediferențiată ;

— tulpina dicotiledonatelor nu are decît un cerc de fascicule conducătoare caulinare, căruia i se adaugă uneori un cerc extern, cortical, sau unul intern, medular.

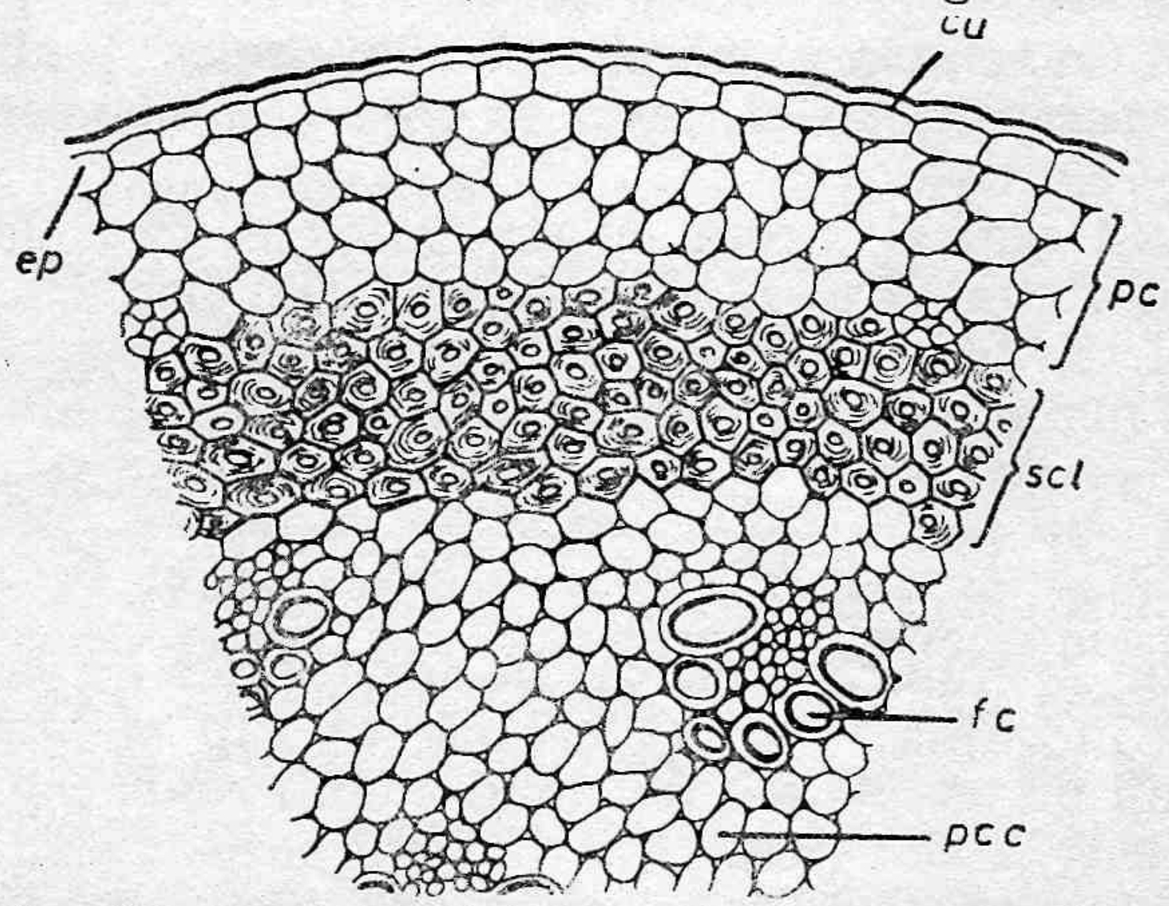


Fig. 136. Porțiune dintr-o secțiune transversală prin tulpina de *Asparagus officinalis* :

cu — cuticulă; *ep* — epidermă; *fc* — fascicul conducător; *pc* — parenchim cortical; *pcc* — parenchimul cilindrului central; *scl* — sclerenchim (după I. Grințescu).

Structura primară a tulpinii de la *Gymnospermae* seamănă mult cu cea descrisă pentru angiospermele dicotiledonate.

Structura tulpinii la Monocotyledonatae. Vom examina mai întîi tulpina de la *Asparagus officinalis* (sparanghel) (fig. 136).

Epiderma este lipsită de stomate și acoperită de o cuticulă foarte groasă, iar peretele extern al celulelor este puternic îngroșat.

Scoarța este reprezentată printr-un parenchim

cortical meatic, format din cîteva straturi de celule cu pereţi celulozici şi bogate în cloroplaste. Cel mai adesea celulele straturilor externe sînt uşor alungite radiar, luînd aspect palisadic. Nu se distinge o endodermă diferenţiată.

Cilindrul central cuprinde o zonă externă de parenchim sclerificat, numită de unii autori şi periciclu sclerenchimatic şi o zonă internă de parenchim fundamental, ale cărui celule au pereţii celulozici. În această zonă internă sînt dispuse, pe mai multe cercuri concentrice, fasciculele conducătoare libero-lemnoase de tip colateral închis. Fasciculele interne sînt mai mari, iar cele de la periferie, dispuse parţial sau total în zona de sclerenchim, sînt mai mici. Fiecare fascicul prezintă o structură particulară numită „în V". Lemnul şi liberul au mai întîi o poziţie suprapusă, cu liber centripet şi lemn centrifug, ca şi la *Ranunculus ;* ulterior, noi vase de metaxilem, foarte voluminoase, se dezvoltă pe flancurile liberului,

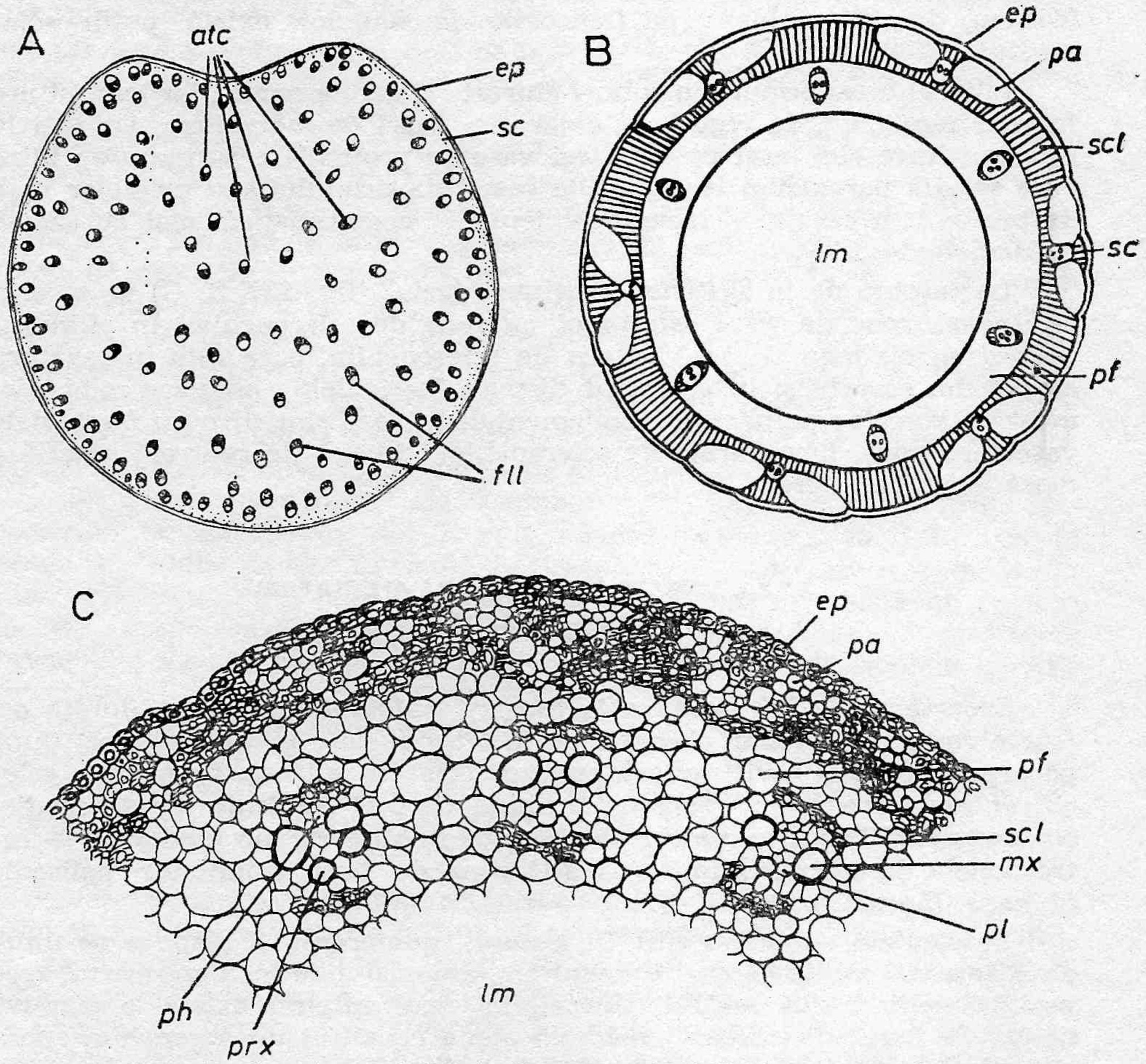


Fig. **137.** Structura tulpinii de *Zea mays* (*A*) şi *Triticum* sp. (*B, C*) :

A, B — scheme; *C* — detaliu; *atc* — atactostel; *ep* — epidermă; *fll* — fascicule libero-lemnoase; *lm* — lacună medulară; *mx* — metaxilem; *pa* — parenchim asimilator; *pf* — parenchim fundamental; *ph* — floem; *pl* — parenchim lemnos; *prx* — protoxilem; *sc* — scoarţă; *scl* — sclerenchim (*A* : după S c h m e i l; *B C :* după I. G r i n ţ e s c u).

astfel că ansamblul lemnului prezintă aspectul unui „V“, între braţele căruia este situat liberul.

Structura tulpinii de *Zea mays* (fig. 137, A) prezintă o serie de însuşiri particulare. *Epiderma* este alcătuită din celule mici, cu peretele extern bombat, îngroşat, lignificat şi silicifiat ; din loc în loc se disting stomate.

Scoarţa este foarte redusă, reprezentată printr-o hipodermă sclerenchimatică subţire şi puţinele straturi de parenchim ce ţin pînă la periferia celor mai externe fascicule vasculare.

Cilindrul central este foarte dezvoltat, în parenchimul său fundamental fiind implîntate numeroase fascicule conducătoare de tip colateral închis. Fasciculele externe sînt mai mici, mai numeroase şi se numesc *foliare ;* cele interne sînt mai mari, mai rare şi se numesc *caulinare*. Toate fasciculele au la periferia liberului precum şi a lemnului cîte un arc (cordon) de sclerenchim ; pe flancurile fasciculelor există puţin sclerenchim.

Liberul este format din tuburi ciuruite şi celule anexe, iar lemnul are forma literei „V“, de regulă cu două vase mari de metaxilem, iar mai la interior, între ele, unul pînă la trei vase de protoxilem suprapuse ; între vase se află parenchim lemnos. Din resorbţia primului sau primelor vase de protexilem rezultă o lacună fasciculară, caracteristică mai cu seamă fasciculelor mari.

La tulpina de la *Triticum aestivum* (grîu) (fig. 137, B, C) în scoarţă alternează zone de ţesut asimilator cu zone de sclerenchim. În cilindrul central se distinge un inel extern de sclerenchim, care este în legătură cu cel din scoarţă şi în care sînt dispuse fasciculele vasculare mici. Urmează o zonă de parenchim fundamental, în care sînt dispuse fasciculele vasculare mari, înconjurate de sclerenchim ; în poziţie centrală se află o mare lacună aeriferă.

4.7.2.3. VARIAŢII DE STRUCTURĂ ALE TULPINII LA MONOCOTYLEDONATAE

Scoarţa poate fi groasă, ca la *Ruscus aculeatus* (ghimpe pădureţ), ori foarte redusă sau chiar absentă, ca la *Gramineae ;* în ultimul caz, după părerea celor mai mulţi autori, sub epidermă se află un parenchim sclerificat sau fibre de sclerenchim, formînd un inel continuu *(Zea)* sau discontinuu *(Triticum)* la maturitatea plantelor. Uneori, sub epidermă — între zonele de sclerenchim — se află zone de ţesut asimilator palisadic *(Juncus, Carex)*.

Fasciculele vasculare sînt, în general, numeroase şi dispuse pe unul, două sau mai multe cercuri concentrice, dimensiunile lor descrescînd spre periferia cilindrului central. Uneori, în axul tulpinii există o măduvă lipsită de fascicule ; această măduvă poate constitui un aerenchim spongios, format din celule stelate *(Juncus)* (fig. 138) sau se resoarbe şi dă naştere unei lacune centrale mari (ca în paiul gramineelor) ; în acest caz numărul fasciculelor conducătoare se reduce, dispoziţia lor fiind pe două cercuri şi chiar pe unul singur. Cavitatea măduvei (lacuna) este întreruptă

la nivelul nodurilor de un fel de diafragmă, formată din încrucișarea urmelor foliare.

Structura fasciculelor libero-lemnoase este variabilă : unele sînt de tip colateral (palmieri, unele liliacee etc.), altele de tip mai mult sau mai puțin concentric (ca la *Asparagus*, unde liberul este cuprins între brațele „V-ului" sau lamele divergente ale metaxilemului).

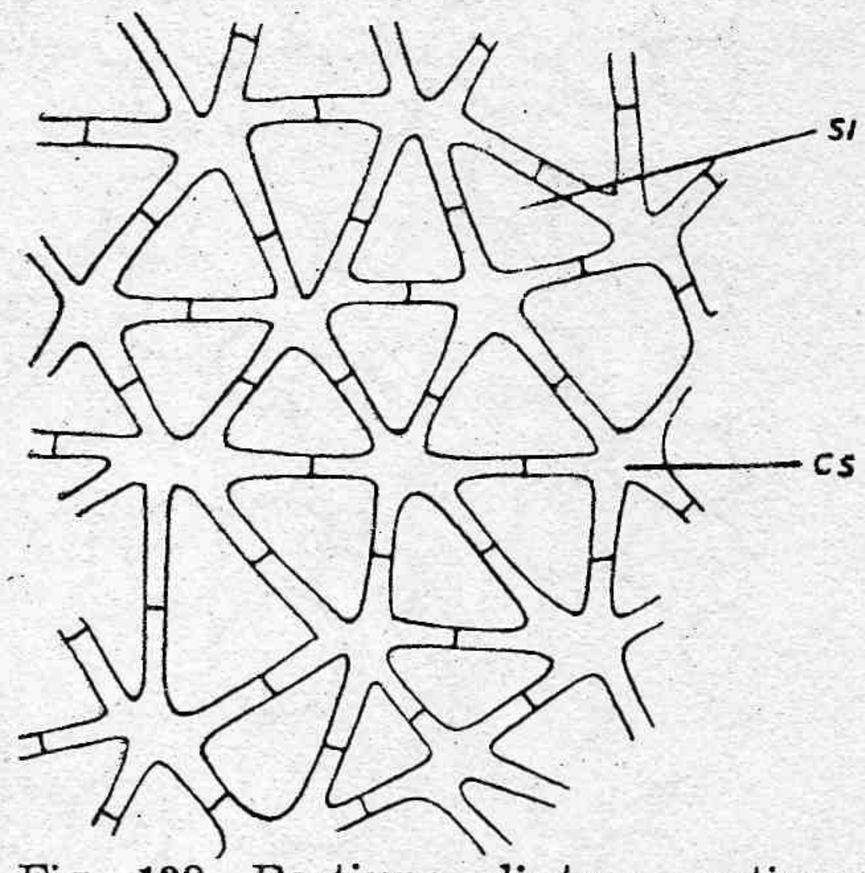


Fig. **138.** Porțiune dintr-o secțiune transversală prin tulpina de *Juncus effusus* :

cs — celulă stelată; *si* — spațiu intercelular (după K a u s s m a n n).

Comparație între structura tulpinii la Dicotyledonatae și Monocotyledonatae. Tulpinile plantelor ierbacee, atît *Dicotyledonatae* cît și *Monocotyledonatae*, prezintă o deosebire în ceea ce privește structura cilindrului central și anume cu privire la dispoziția și structura fasciculelor vasculare. La *Dicotyledonatae* fasciculele sînt dispuse în mod obișnuit pe un cerc, alcătuind așa-numitul *eustel*, ca de exemplu la *Ranunculus acer*, pe cînd la *Monocotyledonatae*, la care tulpina nu este fistuloasă, de exemplu la *Zea mays*, sînt dispuse neregulat în masa de parenchim fundamental a cilindrului central (spre interior se află fascicule mai mari și mai rare), alcătuind *atactostelul*. La monocotiledonatele care au tulpina fistuloasă, ca de exemplu la *Triticum aestivum*, fasciculele vasculare sînt dispuse pe două cercuri concentrice (ca și la *Cucurbitaceae*, dintre dicotiledonate). Cercul extern cuprinde fascicule vasculare mai mici, iar cel intern este alcătuit din fascicule mai mari.

La monocotiledonate, fie lemnoase fie ierbacee, structura fasciculelor se deosebește de cea a dicotiledonatelor ; în timp ce la *Monocotyledonatae* sînt fascicule de tip *colateral-închis*, adică formate din liber spre exterior și lemn spre interior, între care nu există un cambiu (acesta se epuizează total odată cu formarea elementelor ce alcătuiesc fasciculele vasculare), la *Dicotyledonatae*, în general, fasciculele sînt de tip *colateral-deschis*, adică între liber și lemn există o zonă cambială. La unele dicotiledonate, ca de exemplu la *Solanaceae*, *Cucurbitaceae* ș.a. fasciculele sînt de tip bicolateral.

La unele monocotiledonate, ca la *Convallaria majalis* (lăcrămioară), *Iris germanica* ș.a., în rizomi se află fascicule de tip concentric-leptocentric (fig. 139).

Mersul fasciculelor conducătoare în tulpină. Mersul (cursul) fasciculelor în tulpină este foarte complicat și prezintă tipuri numeroase și dificil de analizat. Fasciculele tulpinii sau *fasciculele caulinare* sînt destinate să părăsească axul mai mult sau mai puțin devreme, pentru a se întoarce la frunze. La fiecare nod, diversele fascicule se ramifică după modalități variabile, pentru a da ramificații din care unele, numite *urme foliare*, sînt destinate frunzelor, iar altele își continuă cursul în lungul tulpinii. Aceste diferite ramuri pot, între altele, să se încrucișeze sau să se sudeze între ele.

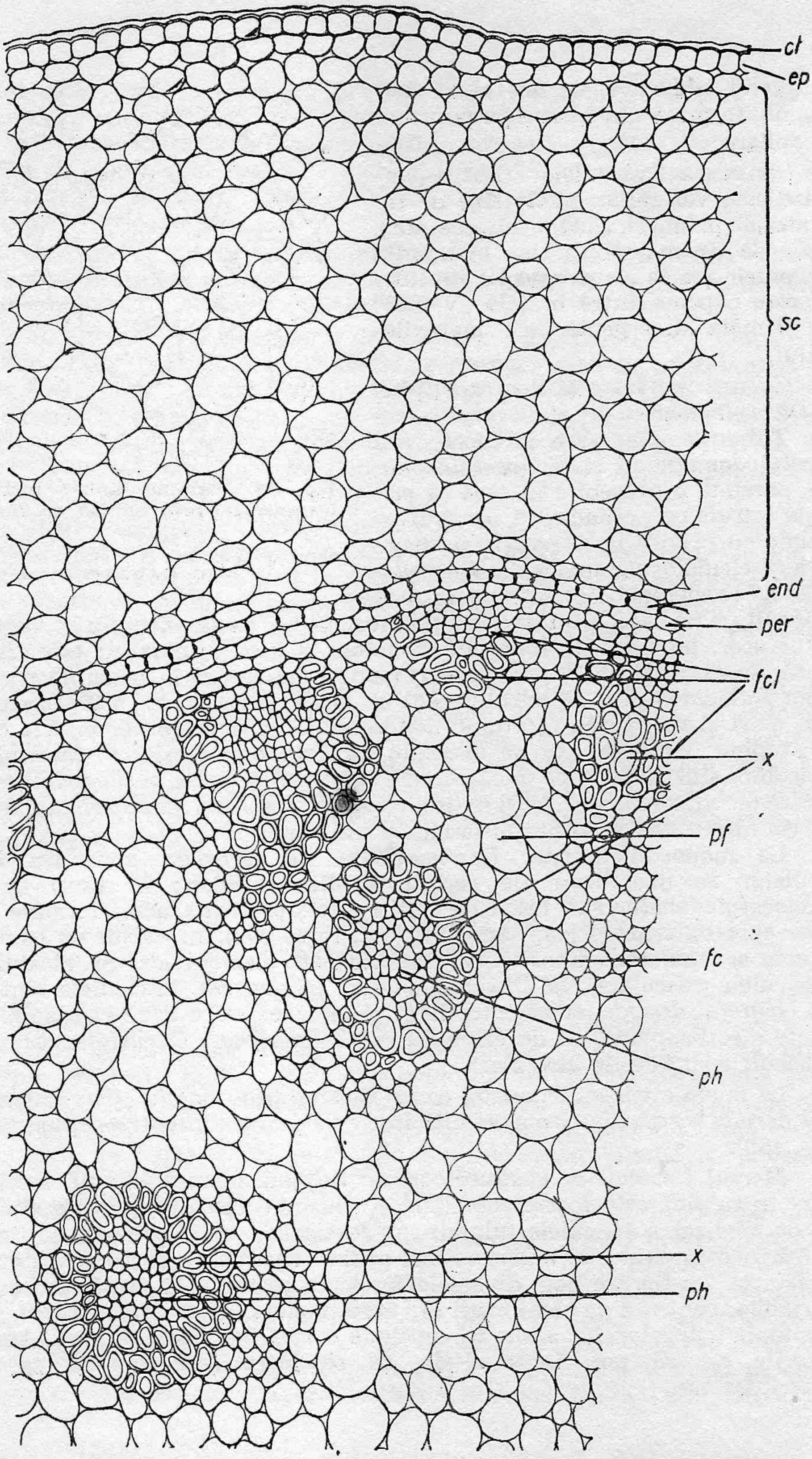


Fig. 139. Sector dintr-o secțiune transversală prin rizomul de *Convallaria majalis* :

ct — cuticulă; *end* — endodermă; *ep* — epidermă; *fc* — fascicul conducător leptocentric; *fcl* — fascicul colateral închis; *pf* — parenchim fundamental; *per* — periciclu; *ph* — floem; *sc* — scoarță; *x* — xilem (după I. T. Tarnavschi și colab.).

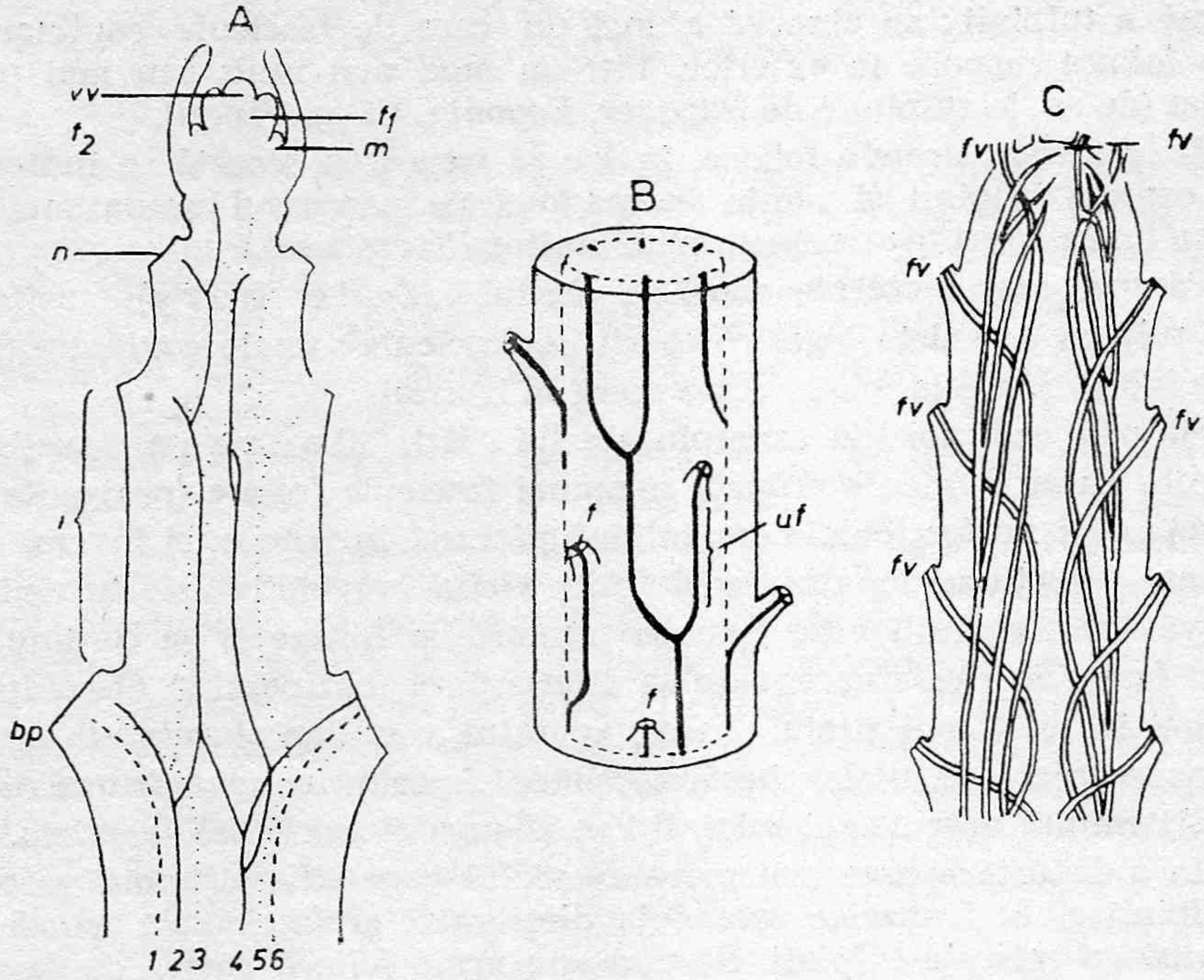


Fig. **140.** Mersul fasciculelor conducătoare în tulpină :
A — Clematis vitalba; *B — Iberis* sp.; *C — Aspidistra* sp. : *bp* — baza peţiolului; *f* — baza frunzei; f_1, f_2 — frunze în dezvoltare; *fv* — fascicule vasculare; *i* — internod; *m* — mugur axilar; *n* — nod; *uf* — urmă foliară; *vv* — vîrf vegetativ (*A, C :* după I. Grinţescu; *B :* după I. Ciobanu).

Fasciculele caulinare sînt întotdeauna dispuse pe un singur cerc în tulpinile cu structură primară ale dicotiledonatelor. Traiectul *urmelor foliare*, la nivelul nodurilor, se realizează după modalităţi foarte variabile : frunza poate trimite tulpinii un singur fascicul (*Dianthus* — garoafa), două (*Labiatae*), trei (*Clematis*) (fig. 140) sau mai multe (*Umbelliferae*). Referitor la traiectul urmei foliare se pot prezenta mai multe cazuri :

a) Urma foliară poate să intre direct în frunză printr-un traiect aproape orizontal ; o secţiune făcută la nivelul unui internod nu arată atunci urme foliare ; deci urmele foliare se unesc cu cele caulinare chiar la nivelul nodului la care se inseră frunzele (ex. *Clematis* — cu frunze opuse).

b) Urma foliară, odată formată la nivelul unui internod, rămîne alături de fasciculele caulinare şi nu pătrunde în frunza căreia îi este destinată, decît după unul sau mai multe internoduri superioare (deci urmele foliare pătrund oblic în frunză). În acest caz, ca şi la *Ranunculus*, urmele foliare se intercalează între fasciculele caulinare, de care se disting în general prin dimensiuni mai mici (este mai ales cazul plantelor ce au tulpini cu frunze alterne : *Cruciferae*, *Ranunculaceae*, multe *Leguminosae*).

c) Urmele foliare, odată formate pot părăsi cercul caulinar (tot oblic), dar rămîn pe parcursul unuia sau a două internoduri în regiunea

externă a tulpinii ; se observă atunci un cerc de fascicule caulinare și urme foliare dispuse la exterior, într-un mod mai mult sau mai puțin regulat (de ex. în tulpinile de *Papaver, Begonia, Vicia, Pisum*).

d) În sfîrșit, urmele foliare, în loc să treacă în scoarță se îndreaptă spre centrul tulpinii și rămîn în măduvă pe parcursul unuia sau mai multor internoduri (de ex. în tulpina multor *Piperaceae*).

Părerile mai vechi (de exemplu ale lui A. de Bary) susțineau că în tulpină ar exista două categorii de fascicule : unele *caulinare* (proprii tulpinii) și altele *foliare* (care merg la frunze).

Părerile mai noi (de exemplu ale lui Ed. Boureau) susțin că tulpinile nu au fascicule proprii, ci numai fascicule foliare (provenite din frunze) ; deci nu fasciculele din tulpină pătrund în frunze, ci invers.

Într-o secțiune longitudinală prin vîrful vegetativ al tulpinii se observă că cele dintîi vase apar în primordiile foliare și se continuă în jos cu fasciculele caulinare, care se diferențiază (bazipetal și discontinuu, din nod în nod) mai tîrziu. Întreg aparatul vascular al *tulpinii* rezultă din însumarea fasciculelor fiecărei *frunze*. Apărînd o nouă frunză la un nod, sistemului vascular al tulpinii i se adaugă și fasciculele acesteia.

La o depărtare ceva mai mare de vîrful vegetativ, sistemul vascular al tulpinii și al frunzelor este deja diferențiat și fasciculele frunzei se continuă cu cele ale tulpinii. Se numește *urmă foliară* partea de fascicul care ține de la cilindrul central al tulpinii pînă la baza frunzei, iar locul din cilindrul central pe unde iese urma foliară poartă numele de *lacună foliară*. Într-o urmă foliară pot intra, cum am văzut deja, una *(Dianthus)*, două *(Labiatae)*, trei *(Clematis)* sau mai multe *(Umbelliferae)* fascicule, care pleacă din tulpină dintr-o aceeași lacună sau din două-trei lacune. Uneori mai multe fascicule caulinare se unesc într-unul singur înainte de a pătrunde în frunză.

Structura nodurilor este cu totul diferită și mai complicată decît cea a internodurilor. Faptul se datorește prezenței urmelor foliare, numărului acestora, mărimii lor, direcției pe care o au la nivelul nodului și raporturilor care se stabilesc aici între diferitele ramuri ale aparatului vascular.

Cercetările mai noi arată că și structura histologică a lemnului și liberului diferă la noduri și internoduri. În noduri lemnul ar avea numai traheide ; traheele se opresc la nod. Liberul are celule mai scurte la noduri, cu nucleu persistent în tuburile ciuruite, bogate în citoplasmă și fără plăci ciuruite.

La *Monocotyledonatae* urmele foliare cuprind un număr foarte mare de fascicule, fasciculul corespunzînd nervurii mediane a frunzei fiind mai gros. Aceste urme foliare pătrund în tulpină oblic la nodul la care se inseră frunza, fac o curbură mare spre centrul tulpinii, apoi coboară oblic un interval lung (de mai multe internoduri), apropiindu-se încetul cu încetul de periferia tulpinii și devenind aproape verticale, după care se unesc cu fasciculele caulinare. Acest fapt explică de ce pe o secțiune transversală apar fascicule multe și dispuse neregulat și de ce fasciculele din centru sînt mai mari.

4.7.2.4. TRECEREA DE LA STRUCTURA TULPINII LA CEA A RĂDĂCINII (sau invers)

Din cele expuse pînă aici rezultă că rădăcina și tulpina nu prezintă aceeași structură ; trecerea de la o structură la alta se face în regiunea de trecere, numită încă și colet, care poate varia ca lungime de la specie la specie. Indiferent însă de mărimea acestei regiuni, aici se produce trecerea de la dispoziția alternă (caracteristică rădăcinii) la cea suprapusă (caracteristică tulpinii) a lemnului și liberului. Pentru explicarea acestei treceri s-au emis trei teorii.

1. *Teoria racordului* (emisă de Naegeli, în 1858 și susținută de Bertrand, Dangeard, Vuillemin, Lignier, Gravis, Bugnon ș.a.). Conform acestei teorii există două aparate conducătoare diferite : unul propriu rădăcinii, observat și în hipocotil, altul propriu tulpinii, observat în cotiledoane și în frunze. Cele două aparate, distincte ca structură, vin în contact și se racordează la un nivel variabil, după specie. Un fascicul de lemn centripet al rădăcinii se dispune între două semifascicule cotiledonare, ce provin din bifurcarea fasciculului libero-lemnos cotiledonar, care descinde mai mult sau mai puțin jos în axa hipocotilă. Această teorie are astăzi doar o valoare istorică.

2. *Teoria rotației sau a torsiunii fasciculelor* [emisă de Van Tieghem în 1891 și susținută de Gérard, Bonnier ș.a. (fig. 141)] Conform acestei teorii ar fi o continuitate între cilindrul central al tulpinii și cel al rădăcinii, o identitate între fasciculele centripete și cele centrifuge, căci — prin rotație sau prin torsionare — același fascicul de lemn al rădăcinii își schimbă poziția și devine fascicul al tulpinii. Deci aparatele conducătoare ale celor două organe axiale sînt în continuitate, fasciculele lor conducătoare fiind identice, deoarece prin dedublare și rotație de 180° lemnul centripet radicular devine lemn centrifug caulinar. Van Tieghem a distins trei cazuri mai importante și mai des întîlnite.

A. Fiecare fascicul lemnos al rădăcinii se divide în două lame care se recurbează lateral (la dreapta și la stînga), efectuînd o rotație de 180° și atingînd astfel fasciculele de liber pe fața lor internă ; acestea din urmă nu suferă nici o modificare și vor trece direct din rădăcină în tulpină (ex. *Dipsacus, Mirabilis, Fumaria*).

B. Contrar tipului precedent, în acest caz atît fasciculele de liber, cît și cele de lemn se dedublează, ramurile acestora din urmă venind să întîlnească noile fascicule de lemn, pentru a forma fascicule colaterale care se dispun în alternanță cu acelea ale rădăcinii. Fasciculele de lemn au suferit, ca și în tipul A, rotația de 180° ; orientarea liberului este neschimbată ; vor exista, astfel, în tulpină de două ori mai multe fascicule libero-lemnoase decît cîte fascicule liberiene au fost în rădăcină (ex. *Acer, Cucurbita, Phaseolus, Tropaeolum*).

C. Fasciculele lemnoase nu se divid ci își continuă cursul (mersul) direct din rădăcină în tulpină, suferind numai o rotație de 180° ; fasciculele liberiene, din contra, se divid și cele două jumătăți se depărtează lateral pînă la locul fasciculelor lemnoase, pe care le ating la exterior, fuzionînd fiecare cu un semifascicul liberian vecin. Vor fi în acest caz

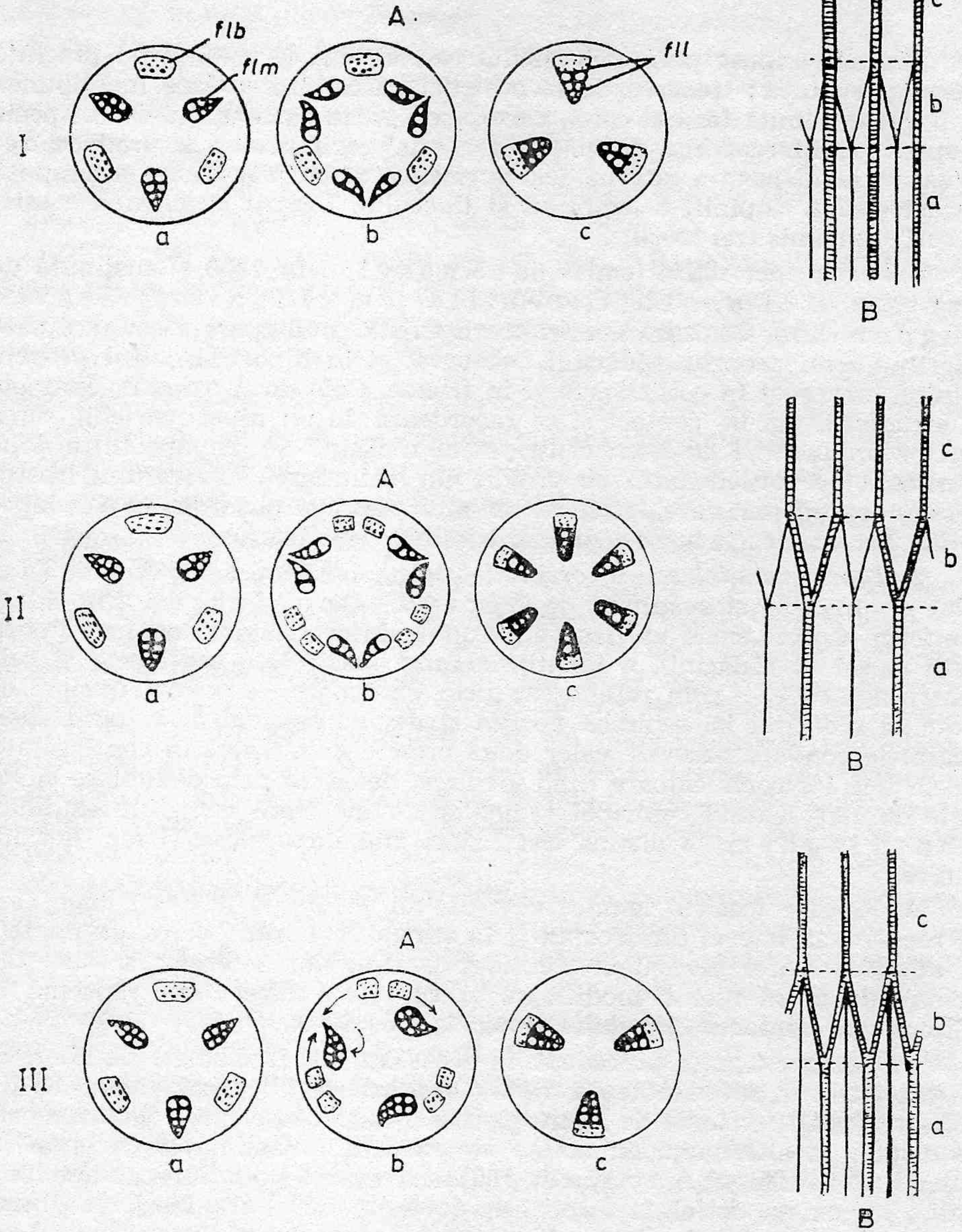


Fig. 141. Reprezentarea schematică a trecerii fasciculelor conducătoare din rădăcină în tulpină :

I — Mirabilis jalapa; *II — Cucurbita pepo*; *III — Pisum sativum*; *A* — secțiuni transversale; *B* — secțiuni longitudinale; *a* — secțiune în rădăcină; *b* — secțiune în colet; *c* — secțiune în tulpină; *flb* — fascicul de liber; *flm* — fascicul de lemn; *fll* — fascicul libero-lemnos (după I. Morariu).

tot atîtea fascicule libero-lemnoase în tulpină, cîte fascicule de liber erau în rădăcină (ex. *Medicago, Lathyrus, Phoenix*).

Această teorie are importanţă didactică.

3. *Teoria desmogenezei* (teoria evoluţiei sistemului conducător, emisă de G. Chauveaud). Trebuie să precizăm aici că de fapt nu există o continuitate între vasele structurii alterne şi ale structurii suprapuse, ci că acestea se află în raporturi de contiguitate. Nu există nici la nivelul coletului, nici la vreun alt nivel, dedublare sau rotaţie de fascicule. Aşadar, primele două teorii la care ne-am referit mai înainte sînt contradictorii. Au fost necesare descoperirile ontogenetice ale lui G. Chauveaud pentru ca să fie explicată această trecere de la tulpină la rădăcină (sau invers). Conform teoriei desmogenezei nu există o diferenţă fundamentală între structura rădăcinii şi cea a tulpinii, ci aceste organe pot (cel puţin teoretic) prezenta ambele stadii diferite de evoluţie a aparatului vascular ; ordinea acestei evoluţii ar fi următoarea : *stadiul centric* (protostel cu structură hadrocentrică) ; *stadiul excentric* (primele vase de lemn nu mai ocupă axul organului) ; *stadiul altern* (care ar fi doar o exagerare a dezvoltării excentrice a primelor vase de lemn) ; *stadiul intermediar ; stadiul suprapus ; stadiul periferic* (cînd vasele de lemn pot înconjura mai mult sau mai puţin complet liberul), întîlnit doar în rizomul anumitor *Monocotyledonatae*.

Numai o parte a acestei evoluţii este reprezentată la una şi aceeaşi specie, fie ca urmare a absenţei stadiilor mai evoluate (la *Pteridophyta*), fie a stadiilor primitive (la *Spermatophyta*).

Se consideră, pe de altă parte, că această evoluţie este cu atît mai accelerată cu cît se îndepărtează mai mult de rădăcină ; este ceea ce numim *acceleraţie bazifugă*.

Pentru a înţelege mai bine explicarea trecerii de la structura tulpinii la cea a rădăcinii (sau invers), trebuie să precizăm că în cursul evoluţiei sistemului conducător au loc fenomene de apariţie a vaselor de liber şi de lemn, de resorbţie a acestora în regiunea de trecere de la un organ la altul, de dispoziţie alternă, intermediară şi suprapusă a elementelor vasculare (trecînd prin stadiile menţionate mai sus).

O plantulă de *Dicotyledonatae* are două cotiledoane, fiecare prezentînd un convergent. Prin noţiunea de *convergent* se înţelege unitatea fundamentală a aparatului conducător ; convergentul tipic cuprinde un fascicul lemnos centripet, localizat în alternanţă cu două fascicule de liber.

La vîrful hipocotilului fiecare fascicul de liber se împarte în două semifascicule. Coborînd de la nivelul hipocotilului spre radiculă, fiecare din semifasciculele de liber ale unui convergent se alătură unuia de la convergentul vecin.

În rădăcină fasciculele liberiene sînt deci întregi şi comune la două convergente. Fasciculele lemnoase (independente în hipocotil) se apropie în centrul măduvei, care se vascularizează la un nivel inferior. Această confluenţă a două părţi din aparatul conducător este de fapt originea termenului de convergent.

Resorbţia elementelor de lemn. Primele elemente de xilem ale unui fascicul nu persistă totdeauna la un nivel dat. Ele prezintă adesea modificări importante. Vasele de lemn pot fi dislocate, „digerate“ şi chiar dis-

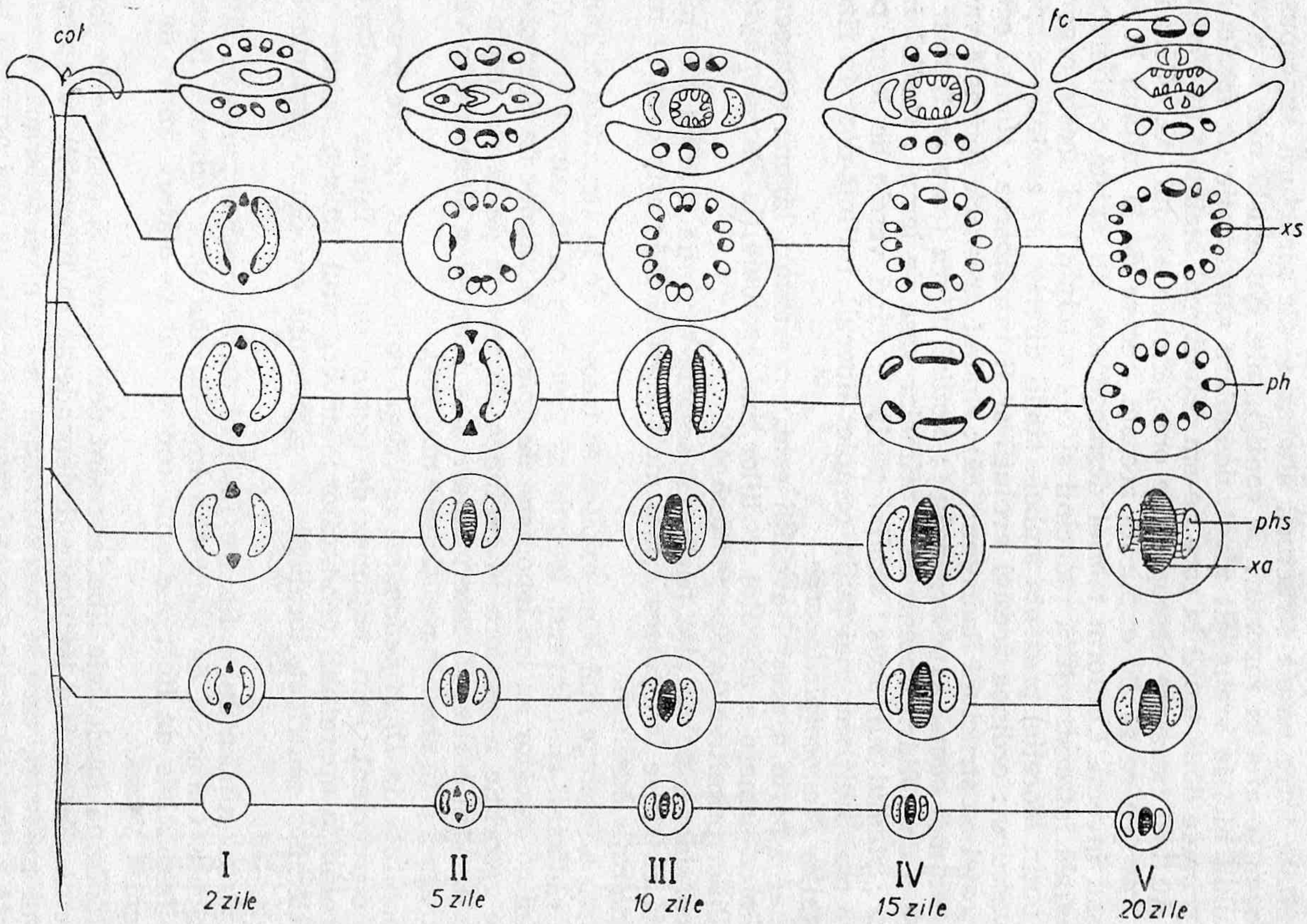


Fig. **142.** Reprezentarea schematică a dezvoltării țesutului conducător la plantule de vîrste diferite de *Linum usitatissimum* :

cot — cotiledon; *fc* — fascicul conducător; *ph* — floem primar; *phs* — floem secundar; *xa* — xilem altern; *xs* — xilem suprapus (după I. M o r l o v a).

par fără urmă, rămînînd o lacună de resorbţie (deci nu are loc o dispariţie mecanică a vaselor, sub influenţa alungirii, ci o lizare). Resorbţia afectează primele elemente din fasciculele de lemn ale rădăcinii. Uneori se observă cazuri de resorbţie a vaselor de lemn chiar în planta adultă ; astfel, la *Cannabis*, primele vase ale peţiolului pot fi delignificate complet şi apoi celuloza dispare, locul vaselor fiind luat de parenchimul vecin care proliferează.

Resorbţia elementelor de liber. Elementele floemului pot dispare în acelaşi fel : tuburile ciuruite primitive ale liberului precursor (diferenţiat întotdeauna înaintea lemnului) şi chiar cele mai recente ale liberului primar şi secundar (în special de la *Gymnospermae*) sînt treptat aplatizate radiar, turtite şi în cele din urmă dispar, locul lor fiind luat uneori de o lacună de resorbţie.

Evoluţia vasculară. Tipurile de structură stabilite de teoria torsiunii (Van Tieghem, Gerard, Bonnier) nu sînt de fapt decît stadii succesive ale unui plan structural libero-lemnos unic, pe cale de evoluţie. Ţinînd seama de aspectele succesive ale aparatului conducător şi de resorbţia elementelor sale componente, la diferite niveluri, Chauveaud a stabilit diverse faze, urmînd poziţia relativă a lemnului şi a liberului în sînul unui convergent şi a distins la *Spermatophyta* (fig. 142) : *dispoziţia alternă*, întîlnită în rădăcină (elementele de lemn se diferenţiază longitudinal, în direcţie centripetă, alternînd cu cele de liber) ; *dispoziţia intermediară*, întîlnită în regiunea de trecere (elementele de lemn se diferenţiază tangenţial, după acelea ale dispoziţiei alterne) ; *dispoziţia suprapusă*, întîlnită în tulpină (elementele de lemn apar centrifug, după precedentele, alăturate de fasciculele liberiene ; primele rezultă şi din diferenţierea directă a parenchimului fundamental, iar următoarele din diferenţierea unui meristem secundar).

În unele cazuri (cu deosebire în rizomul unor monocotiledonate) se întîlneşte şi o dispoziţie *periferică* a lemnului ; elementele conducătoare care succed lemnului suprapus înconjură mai mult sau mai puţin complet fasciculul liberian.

4.7.2.5. STRUCTURA ŞI EVOLUŢIA STELULUI

Cu privire la structura şi evoluţia stelului sînt de menţionat următoarele tipuri (fig. 143).

Protostelul este format dintr-un masiv central lemnos (cu lemn exarh, deci cu diferenţiere centripetă), lipsit de măduvă, de aspectul unei coloane în secţiune longitudinală, înconjurat de liber. Acest masiv lemnos poate avea un contur mai mult sau mai puţin circular, ca la *Selaginella selaginoides*, *Trichomanes alatum* ş.a. sau stelat *(Psilotum triquetrum, Isoëtis)* în secţiune transversală ; în cazul din urmă liberul nu mai formează un inel continuu, ci se localizează ca fascicule izolate, între braţele stelei lemnoase. Aceasta este de fapt şi structura primară pe care am descris-o pentru rădăcină (dacă măduva este înlocuită complet de metaxilem).

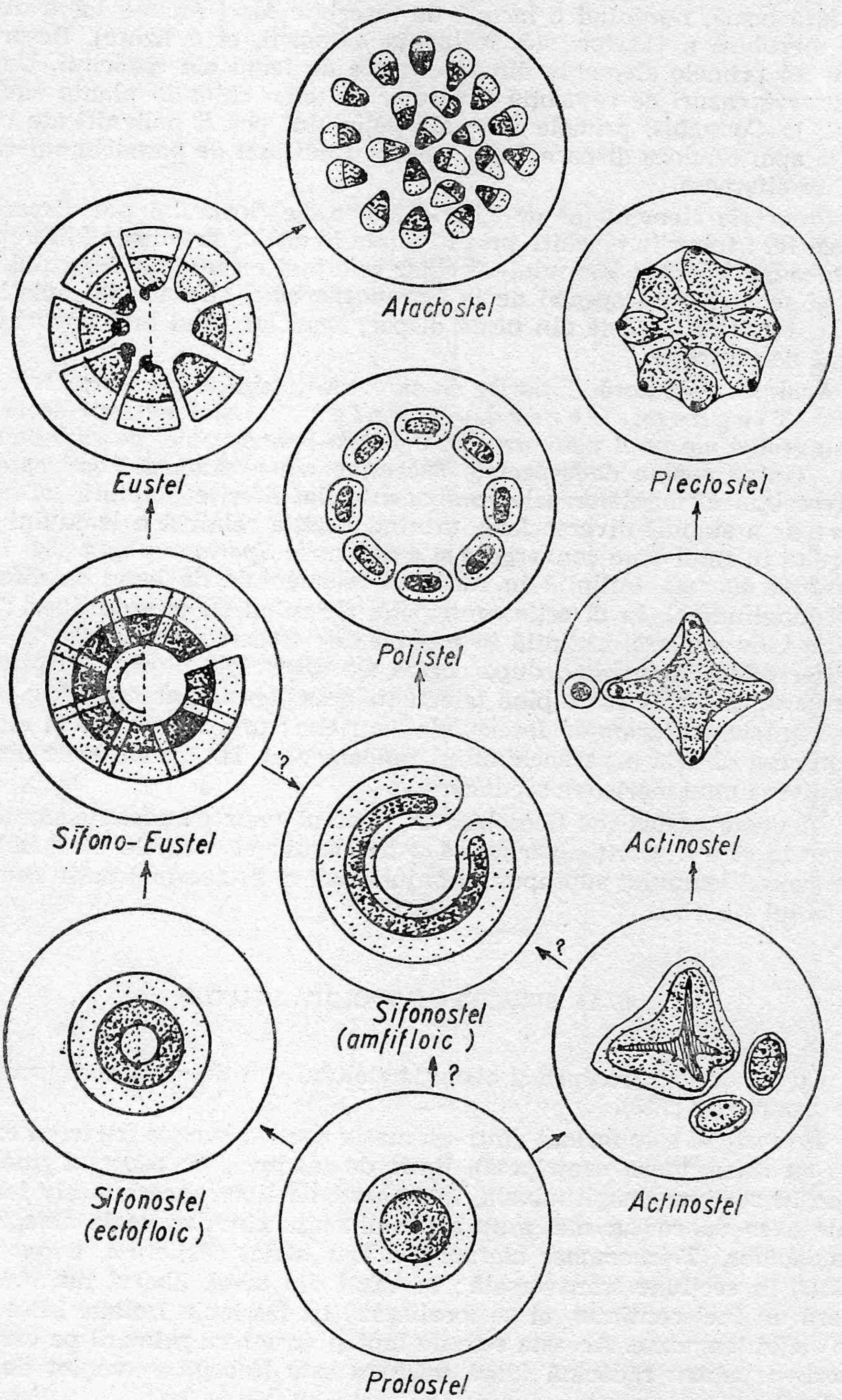


Fig. **143.** Evoluția stelului (după Zimmermann).

Așadar, acest tip primitiv de stel este lipsit de periciclu, raze medulare și măduvă, fiind caracteristic celor mai multe pteridofite fosile *(Rhynia, Hornea* etc.) și actuale *(Gleichenia, Asplenium).*

Cauzele care au declanșat și întreținut evoluția ulterioară a stelului au fost : creșterea volumului plantei, diferențierea organului axial în tulpină și rădăcină, individualizarea frunzelor etc. Prin aceasta s-a accentuat necesitatea măririi suprafeței de contact între elementele conducătoare lemnoase (moarte) și cele vii.

Mijloacele de satisfacere a acestei cerințe au fost : lobarea stelului ; deplasarea lui mai spre exteriorul organului ; fragmentarea masivului conducător lemnos și intercalarea de elemente vii, conducătoare (liberiene) sau de depozitare ; „vitalizarea" stelului, adică transformarea unei părți din traheidele moarte în celule parenchimatice vii.

Evoluția stelului a avut loc, în tulpină, pe trei direcții sau serii principale : seria actinostelului, seria eustelului și seria dictiostelului.

a) *Seria actinostelului* începe prin lobarea xilemului, cauzată de formarea de ramuri către care s-au îndreptat și unde au pătruns părți din cordonul axial de xilem ; înaintînd ca niște colțuri în floem, xilemul ia aspectul unei stele, rezultînd astfel actinostelul cu pol lemnos endarh (ex. *Anchyropteris* — ferigă fosilă) ; în alte cazuri a avut loc schimbarea polului lemnos din poziția endarhă în mezarhă sau chiar exarhă (ex. *Asteroxylon).* Cînd xilemul este și mai adînc divizat se constituie un *plectostel* (ex. *Tmesipteris, Lycopodium*), la care polul xilemic este exarh, de aspectul unui burete.

b) *Seria eustelului* începe prin formarea unei măduve parenchimatice, rezultînd astfel un tub (cilindru) gol, înconjurat de o manta de liber și numit *sifonostel ectofloic* (ex. *Lepidodendron* și unele *Gleicheniaceae* actuale). La ferigile fosile, polul xilemului este în mod frecvent exarh (caracter de primitivitate), pe cînd la *Spermatophyta* el este endarh.

De fiecare dată cînd de la tulpină pleacă o frunză sau o ramură, stelul axului (tulpinii) trimite în acestea elemente conducătoare, al căror ansamblu formează, după caz, o „urmă foliară" sau un cordon de ramură ; plecarea acestor elemente conducătoare creează în stel o breșă (lacună), care nu se va închide decît mai sus și care se numește „fereastră foliară" sau „fereastră de ramură". Așadar, în acest caz xilemul este străbătut radiar de raze parenchimatice foarte înguste și se numește *solenostel* (ex. *Botrychium).*

O formă mai evoluată este aceea numită *sifonoeustel,* caracteristic unor ferigi fosile (anumite specii de *Lepidodendron)* sau actuale (ex. *Osmunda regalis*) și caracterizat prin raze medulare xilemice mai largi ; rezultă astfel cordoane (fascicule) de xilem separate prin raze parenchimatice vii.

Treapta cea mai evoluată din această serie o constituie *eustelul,* la care razele medulare parenchimatice au străpuns și cilindrul (mantaua) de liber, rezultînd astfel fascicule libero-lemnoase colaterale, separate. Acest tip de stel este caracteristic unor pteridofite macrofile (ex. *Sigillaria*), gimnospermelor, unor monocotiledonate și majorității dicotiledonatelor. Fasciculele libero-lemnoase sînt dispuse după un cerc și separate prin raze medulare.

La majoritatea monocotiledonatelor şi la unele dicotiledonate cilindrul central se numeşte *atactostel ;* acesta a derivat din eustel, dar constă din fascicule dispuse dezordonat şi este lipsit de endodermă, teacă amiliferă sau endodermoid.

c) *Seria dictiostelului* (meristelului) începe tot printr-un *sifonostel* (deci cu măduvă), dar *amfifloic,* adică cu liberul formînd doi cilindri (două inele în secţiune transversală) : unul la exteriorul lemnului, iar altul la interiorul lui ; uneori se formează şi o endodermă internă.

Producerea de frunze şi de ramuri determină şi aici formarea unui cilindru ciuruit, numit *dictiostel* sau *meristel,* din sifonostel desprinzîndu-se elemente vasculare ce trec în aceste formaţiuni ; întreruperile („fe-restrele", lacunele) rezultate sînt ocupate de expansiuni ale măduvei, luînd astfel naştere raze medulare largi şi înalte, care au determinat o „vitalizare" şi mai intensă a xilemului. La plantele cu frunze şi ramuri numeroase şi deci dese, stelul este reprezentat printr-o reţea de meristele (fascicule libero-lemnoase de tip hadrocentric), fiecare înconjurat de o endodermă proprie (de exemplu la numeroase ferigi actuale : *Dryopteris, Pteridium, Polypodium* etc.). În alte cazuri floemul nu se uneşte în jurul xilemului şi astfel se obţine un cilindru central de tip *eustelic* (cu numeroase fascicule de tip bicolateral), caracteristic spermatofitelor mai evoluate. Acest tip de stel se întîlneşte la numeroase grupe de plante, ca de exemplu la : *Apocynaceae, Asclepidiaceae. Campanulaceae, Convolvulaceae, Cucurbitaceae, Gentianaceae, Myrtaceae, Onagraceae* ş.a.

Această evoluţie a stelului este în raport cu importanţa din ce în ce mai mare a vascularizării frunzelor. Într-adevăr, plantele care prezintă un protostel sau un sifonostel au frunze reduse *(microfile),* puţin vascularizate, ca la *Lycopodiaceae, Selaginellaceae* sau chiar lipsite de vascularizare. Unele plante fosile cu structură protostelică au un aparat vegetativ constituit din axe total lipsite de frunze, ca la *Rhynia.* Prezenţa frunzelor mult dezvoltate şi bogat vascularizate *(macrofile)* este caracteristică pentru *Pteropsida* şi *Spermatophyta,* la care există un stel cu fascicule bine individualizate, de tipul dictiostelului şi al eustelului.

4.7.2.6. STRUCTURA SECUNDARĂ A TULPINII

La *Gymnospermae* şi la *Dicotyledonatae,* creşterea în grosime a tulpinii se datoreşte apariţiei unei structuri diferite, numită structură secundară şi care rezultă din funcţionarea a două zone generatoare secundare şi anume : cambiul şi felogenul.

Cambiul apare primul, mai întîi în interiorul fasciculelor, între liberul şi lemnul primar (numindu-se şi *cambiul intrafascicular)* ; această zonă se racordează cel mai adesea cu *cambiul interfascicular,* care se diferenţiază între fascicule şi formează un cerc (cilindru) continuu.

Felogenul apare mai tîrziu decît cambiul şi este situat la nivel variabil, după specie ; sub epidermă sau mai profund, pînă la periciclu sau chiar în liberul primar.

Îngroşarea secundară este condiţionată de ramificarea continuă a tulpinii şi îmbogăţirea corespunzătoare a aparatului foliar ; de aici rezultă

necesitatea de cantităţi mereu crescînde de substanţe hrănitoare şi de susţinere a coroanei cu frunze.

Trecerea de la structura primară la structura secundară a tulpinii se face în mai multe moduri :

Tipul I (Aristolochia) se întîlneşte la liane, ca de exemplu la *Aristolochia* (mărul lupului) (fig. 144), *Vitis*, *Clematis*. Cambiul începe să funcţioneze sub formă de *arcuri intrafasciculare* (provenite din procambiul fasciculat) ; apoi, pe seama razelor medulare primare ia naştere *cambiul interfascicular*. Prin racordarea celor două categorii de arcuri cambiale rezultă inelul cambial, care produce liber secundar şi lemn secundar în dreptul fasciculelor libero-lemnoase primare, iar în sectoarele interfasciculare produce raze medulare secundare, parenchimatice, ce se intercalează în razele medulare primare, determinîndu-le alungirea.

Tipul II (Helianthus) se întîlneşte la *Helianthus* (fig. 145), *Phaseolus*, *Vicia* (bob) şi alte dicotiledonate ierbacee. În razele medulare primare iau naştere fascicule libero-lemnoase mai mici, fiecare din ele cu cambiu intrafascicular. Cambiul inelar provine din suma tuturor cambiilor intrafasciculare şi, în mai mică măsură, pe seama cambiilor interfasciculare (rezultate prin dediferenţiere). Cambiul produce liber şi lemn secundar, precum şi raze medulare secundare.

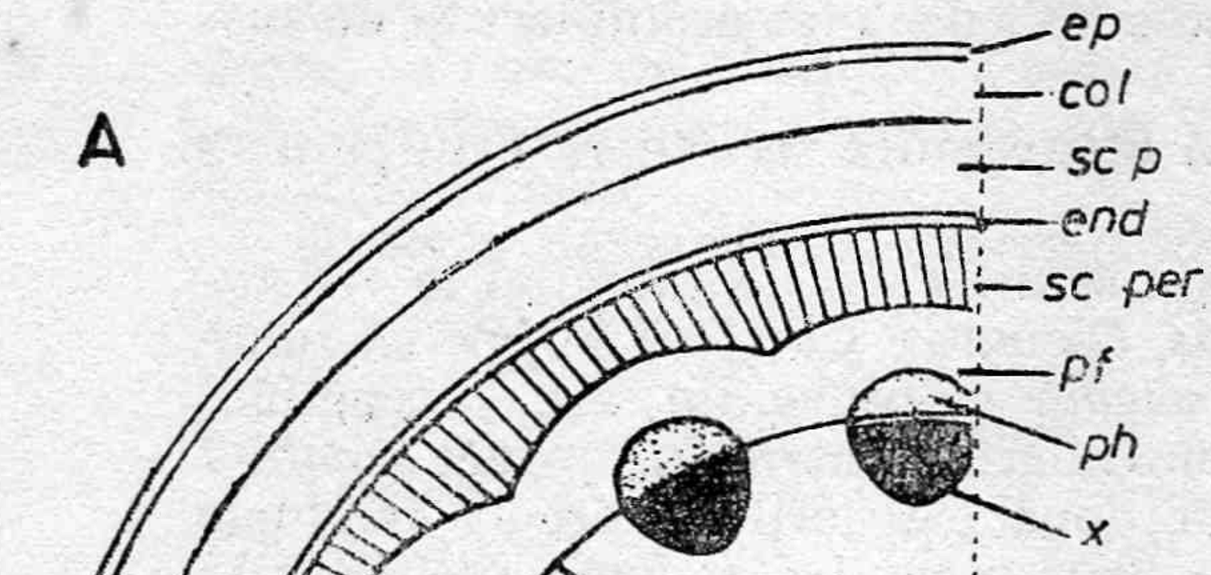
Tipul III (Coniferales) se întîlneşte la Conifere (fig. 146) unele dicotiledonate lemnoase : *Acer*, *Sambucus*, *Salix*, *Prunus* ş.a., precum şi la unele dicotiledonate ierbacee. Procambiul şi ţesuturile conducătoare primare constituie cordoane (fascicule), separate de raze medulare foarte înguste. Ţesuturile secundare formează inele (cilindri) continue.

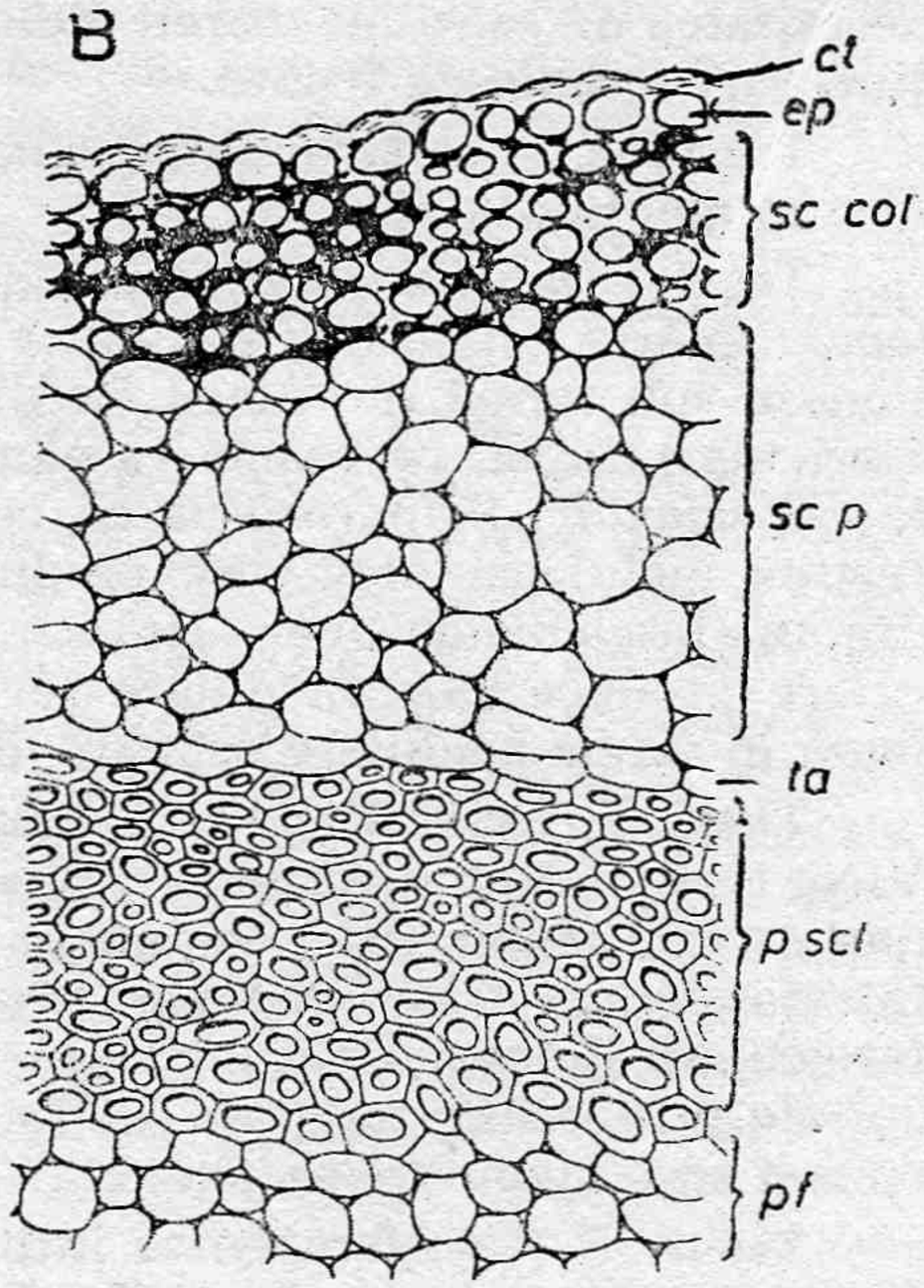
Tipul IV (Tilia) este caracteristic pentru unele dicotiledonate lemnoase, cum ar fi *Tilia* (fig. 147), *Syringa* etc. şi pentru anumite plante ierbacee, ca *Nicotiana* (tutun), *Veronica* etc. Procambiul este de la început inelar, continuu şi deci va produce chiar din structura primară inele de liber primar şi lemn primar, străbătute doar de raze medulare înguste. Apoi va deveni un inel de cambiu, care produce inele de liber secundar şi de lemn secundar, cu raze foarte înguste (cel puţin la nivelul lemnului secundar). Limita dintre ţesuturile conducătoare primare şi cele secundare este neprecisă.

Alcătuirea ţesuturilor secundare. *Liberul.* Elementele liberului secundar formează uneori un *inel continuu* ca şi acelea de lemn secundar, dar cel mai adesea ele se grupează în *cordoane* sau conuri liberiene separate de raze medulare largi, ce se evazează progresiv către periferie.

Structura detaliată a liberului secundar a fost deja descrisă la capitolul Histologie şi este reprezentată prin tuburi ciuruite, celule anexe, parenchim liberian şi fibre liberiene (v. fig. 60, 63).

Durata funcţionării elementelor conducătoare liberiene este scurtă în comparaţie cu cea a lemnului. La unii arbori tuburile ciuruite nu furcţionează decît un sezon ; la majoritatea plantelor cu structura secundară însă ele pot funcţiona timp de mai mulţi ani. Celulele parenchimului liberian şi ale razelor medulare rămîn adesea vii mult timp după ce tuburile ciuruite sînt distruse. În toate cazurile, sub influenţa dezvoltării lemnului secundar, liberul (format din elemente subţiri şi puţin rezistente) tinde să se strivească şi să se turtească spre ţesutul parenchimatic cortical.





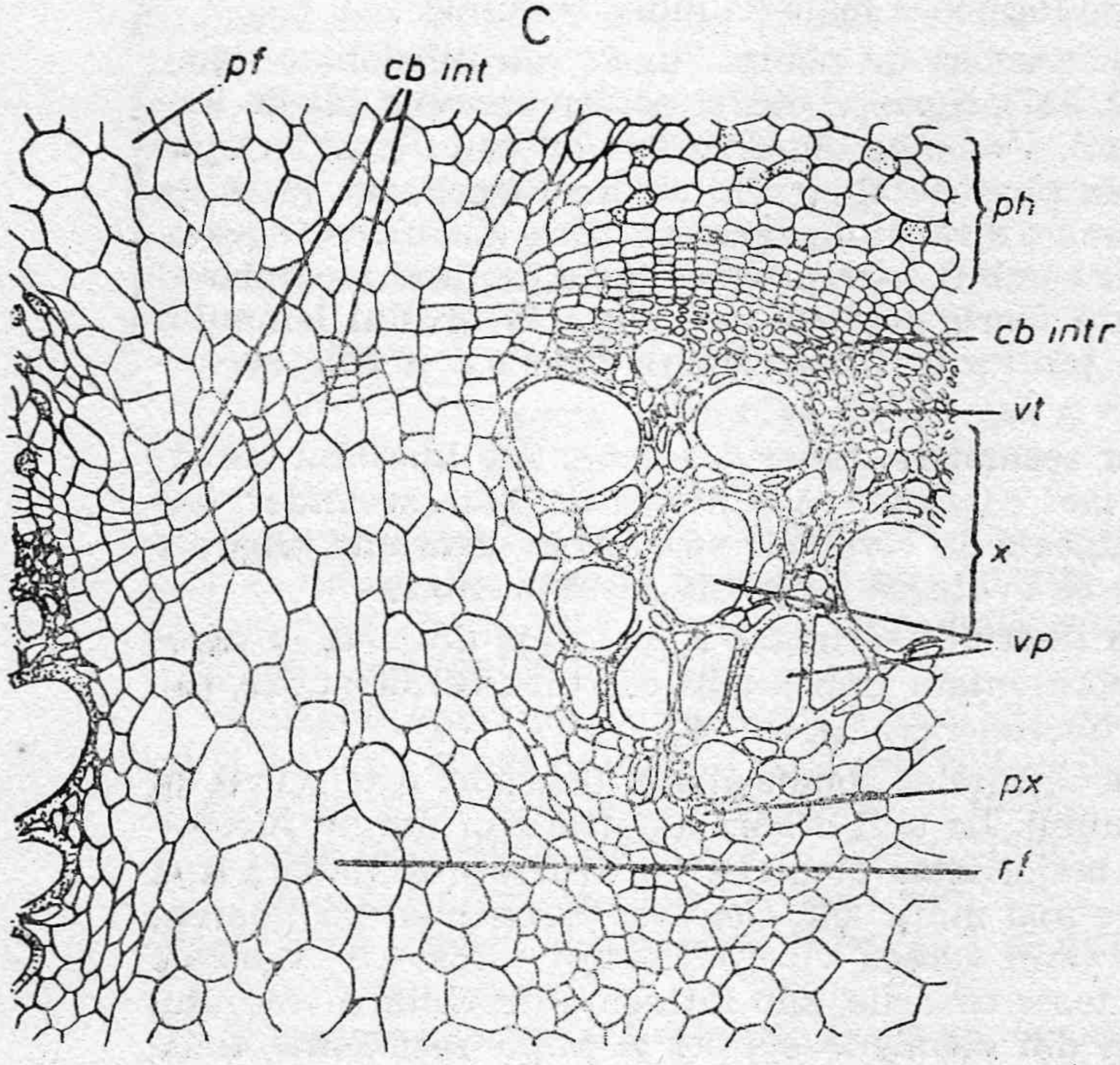


Fig. 144. Formarea structurii secundare a tulpinii de *Aristolochia durior*:

A — sector schematic dintr-o secțiune transversală; *B, C* — detalii din aceeași secțiune; *cb int* — cambiu interfascicular; *cb intr* — cambiu intrafascicular; *col* — colenchim; *ct* — cuticulă; *ep* — epidermă; *end* — endodermă; *m* — măduvă; *pf* — parenchim fundamental; *ph* — floem; *p scl* și *sc per* — periciclu sclerenchimatic; *px* — protoxilem; *sc col* — scoarță colenchimatică; *sc p* — scoarță parenchimatică; *ta* — teacă amiliferă; *vp* — vas de primăvară (lemn timpuriu); *vt* — vas de toamnă (lemn tîrziu); *x* — xilem (*A, B*: după Coupin; *C*: după Guttenberg).

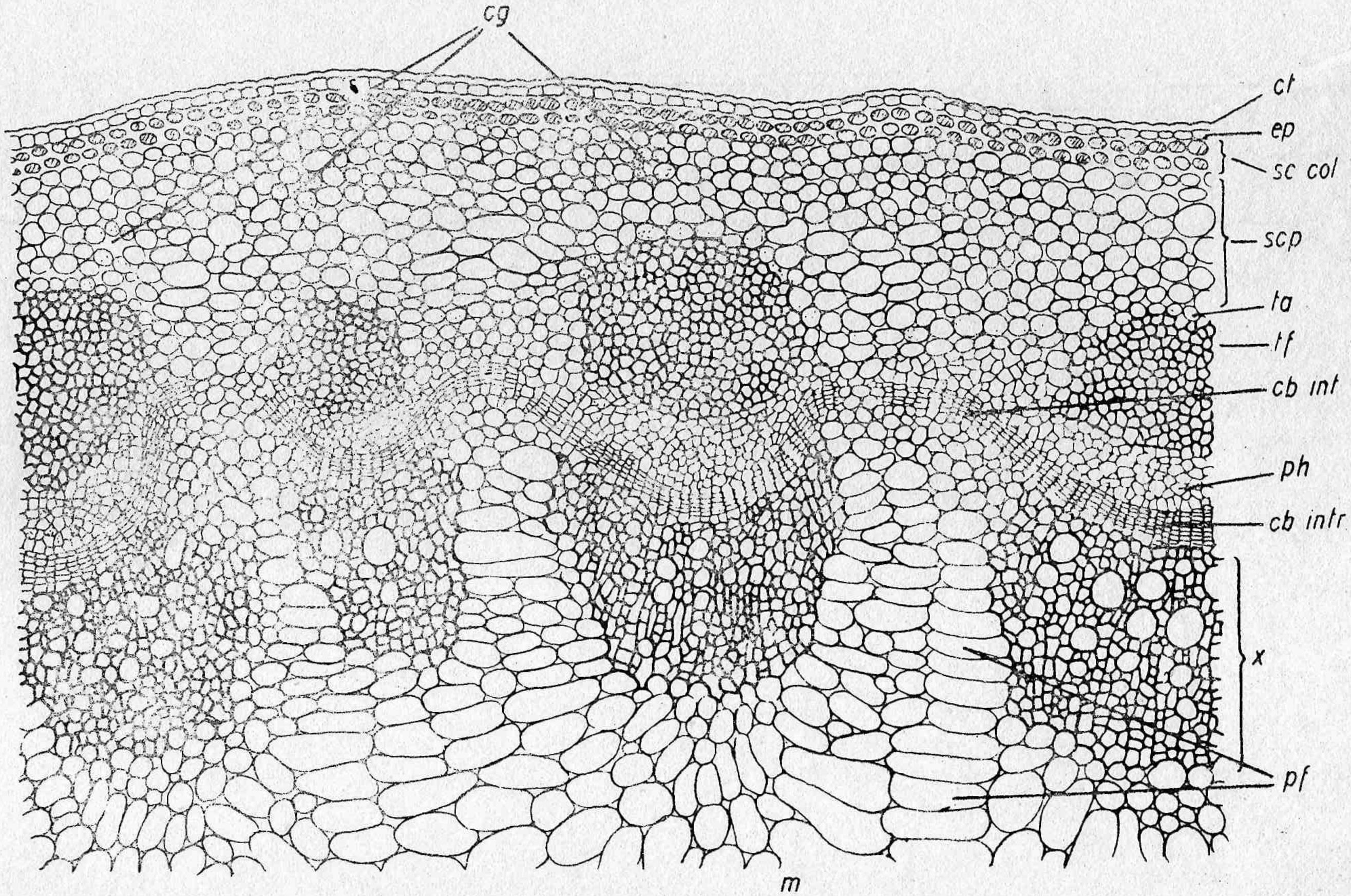


Fig. 145. Sector dintr-o secţiune transversală prin tulpina de *Helianthus annuus :*

cb int — cambiu interfascicular; *cb intr* — cambiu intrafascicular; *cg* — canale glandulare; *ct* — cuticulă; *ep* — epidermă; *m* — măduvă; *pf* — parenchim fundamental; *ph* — floem ; *sc col* — scoarţă colenchimatică; *scp* — scoarţă parenchimatică; *ta* — teacă amilifieră; *tf* — teacă fasciculară; *x* — xilem (după K i s e l e v a).

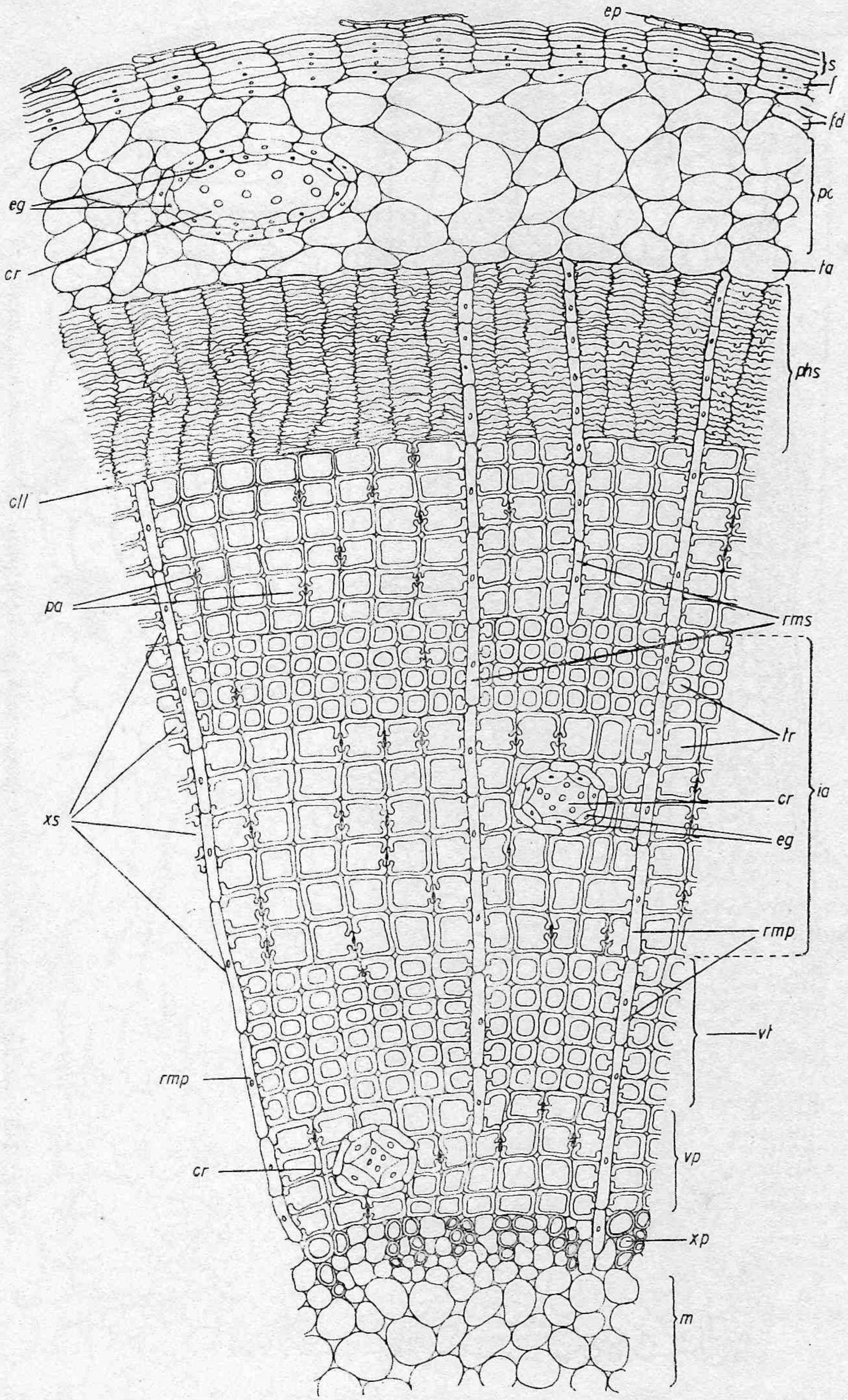


Fig. 146. Structura secundară a tulpinii de *Pinus* sp. (secțiune transversală) :

cll — cambiu (libero-lemnos); *cr* — canale rezinifere; *eg* — epiteliu glandular; *ep* — epidermă; *f* — felogen; *fd* — feloderm; *ia* — inel anual de lemn secundar; *m* — măduvă; *pa* — punctuații areolate; *pc* — parenchim cortical; *phs* — floem secundar; *rmp* — raze medulare principale; *rms* — raze medulare secundare; *s* — suber; *ta* — teacă amiliferă; *tr* — traheide; *vp* — vase de primăvară (lemn timpuriu); *vt* — vase de toamnă (lemn tîrziu); *xp* — xilem primar; *xs* — xilem secundar (după I. T. Tarnavschi și colab.).

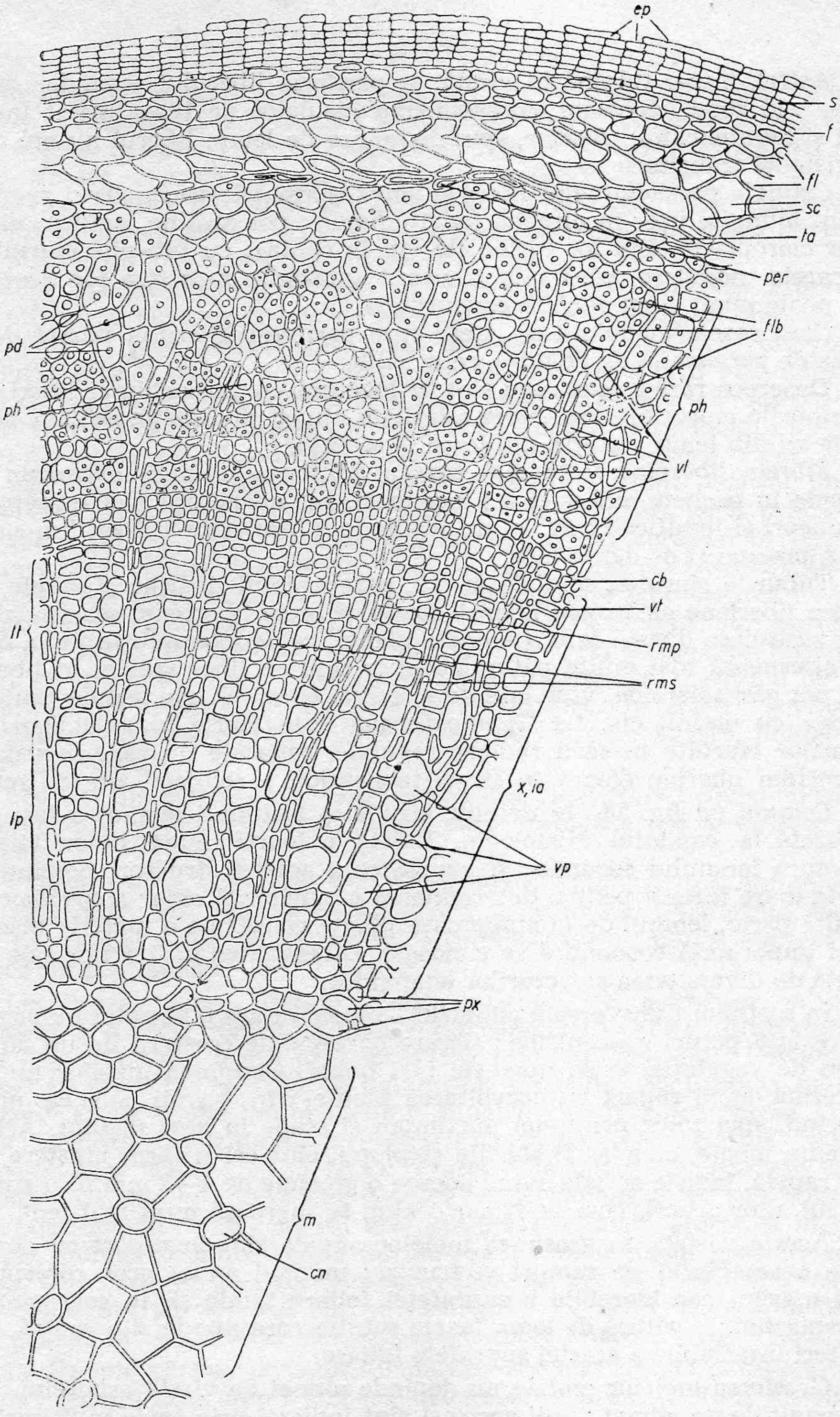


Fig. **147.** Structura secundară a tulpinii de *Tilia* sp. (secţiune transversală) :

cb — cambiu; *cn* — celule mucilagigene; *ep* — epidermă; *f* — felogen; *fl* — feloderm; *flb* — fibre liberiene (liber tare); *ia* — inel anual de lemn secundar; *lp* — lemn de primăvară (timpuriu); *lt* — lemn de toamnă (tîrziu); *m* — măduvă; *pd* — parenchim de dilatare; *per* — periciclu; *ph* — floem; *px* — protoxilem; *rmp* — rază medulară principală; *rms* — rază medulară secundară; *s* — suber; *sc* — scoarţă; *ta* — teacă amiliferă; *vl* — vase liberiene (tuburi ciuruite); *vp* — vase lemnoase de primăvară; *vt* — vase lemnoase de toamnă (după **I. T. Tarnavschi şi colab.**).

Astfel, într-o tulpină în vîrstă, la periferia liberului secundar de un an se văd zone necrozate, corespunzînd insulelor de liber strivit (numit încă şi keratenchim). Aşadar, spre deosebire de lemn, liberul nu are decît o existenţă tranzitorie.

Celulele parenchimului liberian sînt dispuse adesea în şiruri verticale şi sînt alungite uşor în direcţie longitudinală ; pot conţine amidon, ulei şi chiar cloroplaste. Din loc în loc ele vin în contact cu tuburile ciuruite şi cu razele medulare, cărora le transmit substanţe nutritive (de aceea se mai poate numi şi *parenchim conducător).*

Cînd razele medulare se lăţesc spre periferia liberului poartă denumirea de *parenchim de dilatare,* ca la *Tilia.*

Deoarece razele medulare sînt în legătură cu parenchimul liberian şi cu tuburile ciuruite, substanţele asimilate ajung pe direcţie radiară la celulele vii din lemn, iar apa, din lemn la scoarţă.

Fibrele liberiene (cele mai adesea fusiforme) pot fi dispersate sau grupate în pachete mai mici ori mai mari. Ele au pereţii foarte îngroşaţi, iar uneori şi lignificaţi ; au rol de susţinere şi protecţie a liberului conducător, precum şi de depozitare.

Tuburile ciuruite, celulele anexe, parenchimul liberian şi razele medulare liberiene alcătuiesc liberul moale. Fibrele liberiene, sclerenchimatice, alcătuiesc liberul tare. La unele plante, ca de exemplu la *Tilia, Salix* ş.a. alternează mai multe pături de liber tare cu liber moale. În liber se mai pot găsi sclereide, vase laticifere, celule cu mucilagiu, celule oxalifere (adesea cu ursini) etc. La *Gymnospermae* este foarte vizibilă dispoziţia tuburilor ciuruite în serii radiare regulate, separate de raze înguste de parenchim liberian dispus în şiruri tangenţiale ; celulele anexe lipsesc.

Lemnul (v. fig. 58). În detaliu, structura ţesutului lemnos a fost deja analizată la capitolul Histologie. Există o foarte mare diversitate în structura lemnului secundar şi cunoaşterea acestei structuri prezintă un foarte mare interes pentru determinarea genurilor şi chiar a speciilor. Pe de altă parte, lemnul de la numeroase plante constituie o materie primă a cărei importanţă economică se cunoaşte. Diversitatea utilizărilor sale este legată de diversitatea structurilor anatomice.

În secţiune transversală cilindrul lemnos nu are o structură omogenă, ci prezintă pături concentrice ; fiecare corespunde creşterii de un an (un sezon de vegetaţie) şi se numeşte *inel anual.* Grosimea inelelor nu este uniformă, ci în raport cu dezvoltarea plantei : în primii ani ea merge crescînd, apoi trece printr-un maximum şi scade în mod regulat. Arborii cu lemn moale, cum ar fi sălciile şi plopii, sînt cei a căror creştere este mai rapidă, inelele anuale avînd adesea o grosime de 1—2 mm. Din contră, lemnul altor arbori, cum ar fi portocalul, se îngroaşă mult mai lent.

Aceste variaţii în grosimea inelelor anuale sînt în raport cu dezvoltarea ansamblului de ramuri şi frunze : un inel anual gros corespunde unei mărimi considerabile a suprafeţei foliare totale şi, în consecinţă, a transpiraţiei ; o pătură de lemn foarte subţire corespunde, din contră, unei creşteri insensibile a acestei suprafeţe foliare.

Grosimea inelelor anuale nu depinde numai de vîrsta arborelui, ci şi de condiţiile de climat : anii secetoşi sînt indicaţi prin inele mult mai înguste (subţiri) decît anii umezi. Inegalitatea condiţiilor de nutriţie a unui arbore provoacă, de asemenea, diferenţe de grosime între diversele regiuni

ale unuia și aceluiași inel anual ; vecinătatea cu ramurile mari, traumatismele etc. exercită o influență locală. Uneori se formează cîteva inele anuale false în același an, ca rezultat al unei încetiniri a dezvoltării normale, urmată — în același sezon — de o reluare a vegetației.

Inelele anuale de lemn caracterizează plantele regiunilor temperate ; ele sînt puțin sau deloc vizibile la plantele tropicale, în afară de cazul cînd alternează vizibil sezoane uscate și umede.

Inelele anuale provin din faptul că lemnul care se formează primăvara este diferit de lemnul care se formează vara ; ele se compun obișnuit din două pături : una internă, mai puțin dură și mai lată, care corespunde lemnului format primăvara și alta externă, mai subțire și mai dură, de lemn de vară (impropriu numit încă și de toamnă, deoarece în acest sezon practic formarea lemnului este suspendată). Limita între lemnul de vară și cel de primăvară al anului următor formează, în general, o linie clară care ușurează numărarea inelelor anuale. Aceste inele sînt, dealtfel, uneori și mai vizibile datorită faptului că vasele nu se formează decît primăvara sau, cel puțin, sînt mai largi în primăvară decît în vară, ca la *Quercus* sau mai largi și mai numeroase, ca la *Catalpa* (vanilie sălbatică), *Ulmus* etc. Dacă, din acest motiv, *lemnul de primăvară* este bine distinct de lemnul de vară, se numește *lemn inelo-poros*, ca de exemplu la *Fraxinus*, *Quercus* ; dacă, din contră, vasele sînt uniform repartizate în tot inelul anual, ca la *Betula, Acer, Populus* etc., sau tranziția de la lemnul de primăvară la cel de vară se face lent, ca la *Juglans, Pyrus* etc., lemnul se numește *difuz-poros* ; între aceste două tipuri există, firește, numeroase forme de tranziție.

Lemnul din fiecare inel este format din vase, fibre sclerenchimatice și parenchim lemnos ; în plus, inelele sînt străbătute radiar de raze medulare.

Vasele (trahee sau traheide) au punctuații *simple* și *areolate*, mai rar îngroșări reticulate. Fibrele de sclerenchim alcătuiesc *libriformul*, asigurînd în cea mai mare parte soliditatea tulpinii ; ele au punctuații, cel mai adesea simple, oblice.

Localizarea *parenchimului lemnos* prezintă, de asemenea, o mare constanță și a făcut obiectul a numeroase cercetări în cursul ultimelor decenii. Se disting trei tipuri principale (fig. 148) : a) *Parenchim lemnos terminal* : în acest tip celulele de parenchim sînt ultimele formate în anul respectiv și ele ocupă limita inelului anual de lemn, adică partea sa externă ; această dispoziție se întîlnește la puținele gimnosperme care au un parenchim lemnos, ca la *Larix, Tsuga* și la unele angiosperme, ca la *Magnolia* (magnolie), *Salix* etc. b) *Parenchim lemnos difuz sau metatraheal* (apotraheal) : parenchimul este dispersat în toată grosimea inelului lemnos, numai anumite celule găsindu-se în vecinătatea vaselor, ca la *Pyrus, Quercus* (fig. 148, C), *Diospyros* (abanos) etc. c) *Parenchim lemnos vasicentric sau paratraheal* (circumvascular) : în acest tip parenchimul este grupat în vecinătatea vaselor, ca la *Acer, Fraxinus* (fig. 148, F) etc.

La *Gymnospermae* structura lemnului este mai simplă și nu cuprinde trahee ; lemnul este numit *omogen* deoarece nu prezintă decît un singur fel de elemente conducătoare și anume traheide cu punctuații areolate. La *Abies* sau la *Agathis*, lemnul este format numai din traheide și raze lemnoase ; în acest caz lemnul de vară diferă puțin de lemnul de primă-

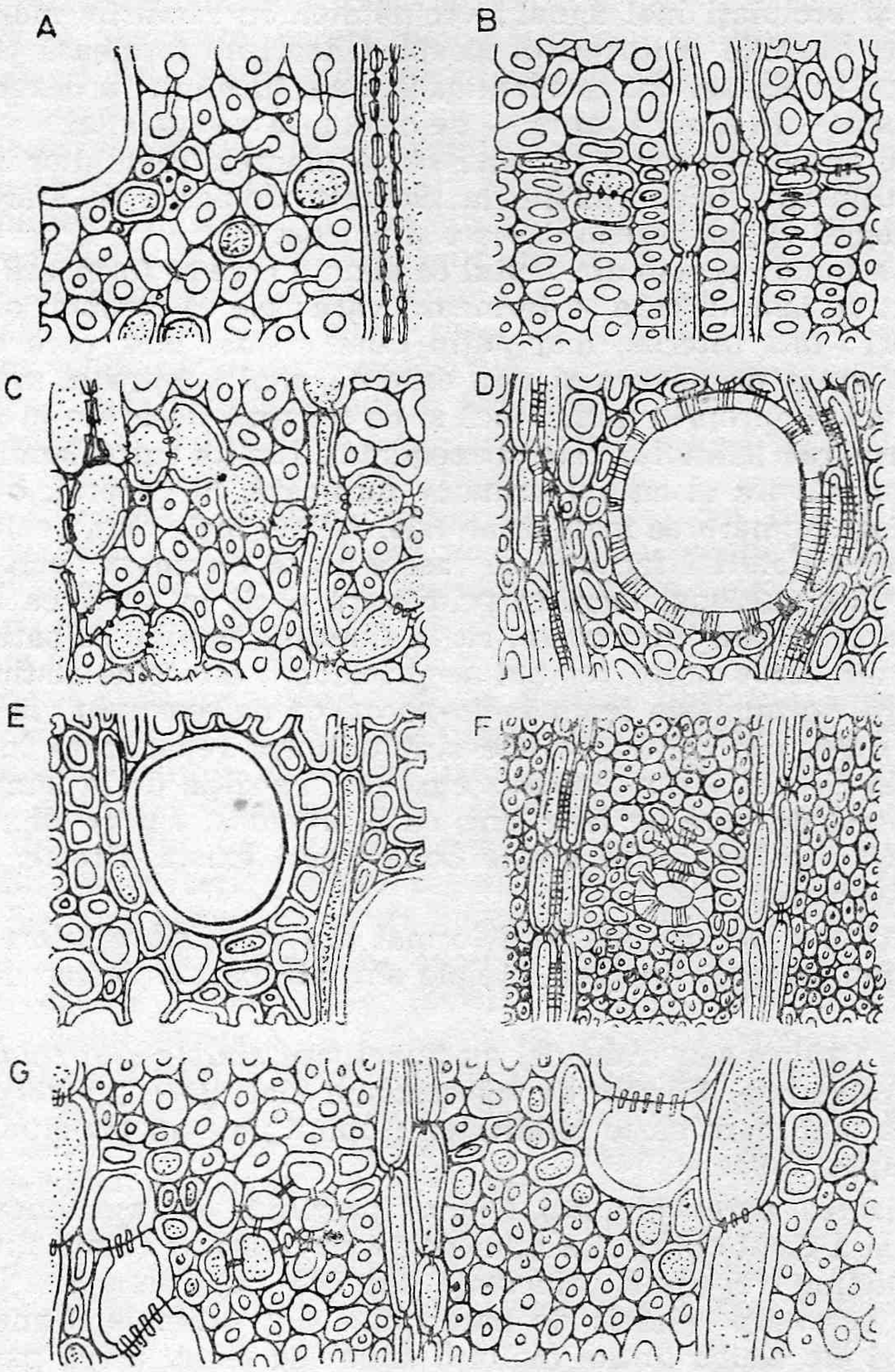


Fig. **148**. Dispoziția parenchimului lemnos în tulpina diferitelor angiosperme lemnoase :

A — Fagus orientalis (parenchim difuz) ; *B — Acer ibericum* (parenchim terminal) ; *C — Quercus macranthera* (parenchim metatraheal) ; *D — Fraxinus excelsior* (parenchim vasicentric) ; *E — Populus gracilis* (parechim ușor vasicentric) ; *F — Fraxinus excelsior* (parenchim aliform, în lemnul tîrziu) ; *G — Fraxinus manshurica* (parenchim aliform compact) (după A l e k s a n d r o v).

vară. În alte cazuri, ca la *Larix, Pinus, Sequoia,* inelele anuale sînt mai distincte ; se văd atunci unele celule de parenchim lemnos care derivă din septarea transversală a unor traheide ; acest parenchim este sărac și terminal la *Larix* și *Tsuga,* mai abundent și dispersat la *Juniperus* (ienupăr), *Thuja, Sequoia.* Trahee întîlnim doar la *Gnetales.* În lemnul celor mai multe gimnosperme se află și sanale rezinifere. Așadar, speciile de

răşinoase (conifere mai ales) se numesc *homoxile*, avînd lemnul format numai din traheide.

Speciile de *Dicotyledonatae* au un lemn cu structură mai complexă : pe lîngă traheide găsim trahee şi parenchim lemnos. Uneori alternează pături formate din elemente diferite. Aşa de exemplu, lemnul de *Laburnum anagyroides* (salcîm galben) are în fiecare inel următoarea stratificaţie : a) trahee şi parenchim lemnos ; b) libriform ; c) traheide şi parenchim lemnos ; d) libriform. Toate aceste pături sînt străbătute de raze medulare lemnoase, ca de exemplu la *Quercus*. Uneori, lîngă trahee se găsesc *traheide juxtavasculare* sau vasicentrice, scurte, turtite tangenţial faţă de trahea în jurul căreia se află. Lărgirea considerabilă a unor trahee, în special în lemnul de primăvară, ca la *Quercus, Fagus, Tilia,* tulbură dispoziţia în şiruri radiare regulate, caracteristică structurii secundare. Aşadar, speciile de dicotiledonate se numesc *heteroxile,* avînd mai multe categorii de elemente în structura lemnului secundar.

Razele medulare ne apar de contur eliptic în secţiune longitudinal-tangenţială şi ca benzi de înălţime variabilă în secţiune longitudinal-radiară. La unele dicotiledonate, ca la *Fagus*, şi la conifere (ca la *Pinus*), *razele* sînt formate din *celule marginale,* mai înalte (traheidale, cu punctuaţii areolate) şi *celule mijlocii,* amilifere, alungite în direcţie radiară.

Modificările lemnului secundar. Cît timp lemnul conţine celule vii şi cît timp el este aparent conducător, este cunoscut sub numele de *alburn* sau lemn cu sevă. Cînd activitatea sa încetează, el suferă adesea numeroase transformări chimice şi constituie atunci *duramenul* sau inima lemnului. În cursul transformării alburnului în duramen toate celulele rămase încă vii mor, seva se retrage, hidratarea pereţilor celulari scade, rezervele din celule dispar, *tilele* închid lumenul vaselor. Deshidratarea pereţilor vaselor poate fi slabă, ca la *Ulmus, Pyrus* sau puternică, ca la *Fraxinus*. Uleiuri, răşini, gume sau materii colorante (taninuri) pot să infiltreze pereţii sau să umple lumenul celulelor ; acestor substanţe li se datoreşte culoarea mai închisă a duramenului decît cea a alburnului. La *Diospyros* şi *Swietenia* (acaju) duramenul este complet diferit colorat de alburn, cavitatea celulelor fiind umplută de o substanţă gumoasă colorată ; dimpotrivă, duramenul de la *Betula, Populus, Picea* etc. este doar cu puţin mai colorat decît alburnul.

Pentru diversele utilizări ale lemnului, duramenul este în general mai căutat decît alburnul (care întotdeauna se află la periferia lemnului) ; el se conservă mai bine datorită deshidratării, datorită dispariţiei substanţelor de rezervă, a protoplasmei (care favorizează dezvoltarea ciupercilor şi bacteriilor) şi datorită prezenţei substanţelor mai mult sau mai puţin antiseptice (uleiuri, răşini, taninuri) etc.

Diversele categorii de lemn au o *valoare economică* foarte variată, care depinde mult de structura microscopică şi de natura chimică a substanţelor ce impregnează pereţii celulelor componente. Variaţiile de structură histologică care afectează proprietăţile lemnului constau în natura, proporţia, aranjamentul celulelor de parenchim, a fibrelor şi a vaselor abundente şi dimensiunilor razelor medulare, ale tilelor etc. Parenchimul lemnos pare a avea puţină influenţă ; din contră, natura anumitor substanţe chimice este mult mai importantă.

Densitatea medie a pereţilor elementelor ce alcătuiesc lemnul este în jur de 1,50 ; variaţiile importante ale greutăţii specifice ale diferitelor sortimente de lemn sînt datorate proporţiilor respective ale pereţilor celulari şi ale lumenului : la *Populus*, 0,36/0,41 ; la *Quercus*, 0,65/0,95 ; la *Fraxinus*, 0,65/0,72.

Lemnul alb al esenţelor moi are foarte puţine fibre, fiind constituit aproape numai din vase, ca la *Populus*. În *lemnul dur* al esenţelor tari predomină fibrele. Dispoziţia diferitelor elemente ale lemnului condiţionează venaţia (desenul), caracteristică importantă a lemnului pentru mobilă.

4.7.2.7. ANOMALII DE STRUCTURĂ ALE TULPINII

1. *Liber perimedular* (liber intern). La anumite dicotiledonate se întîlneşte, în plus faţă de liberul normal, şi liber situat la periferia măduvei (fig. 149). Acest liber intern prezintă aproape întotdeauna o structură în întregime *primară ;* se întîlneşte totuşi uneori un *cambiu* la faţa sa externă, care poate să dea naştere la o mică cantitate de liber *secundar*, ca la *Tecoma* (trîmbiţa). Acest liber perimedular formează, cel mai adesea, mici insule mai mult sau mai puţin numeroase, situate în special în faţa lemnului primar ; în anumite cazuri el poate totuşi constitui o *pătură* aproape continuă. La *Cucurbitaceae* (fig. 150), unde ţesutul conducător este discontinuu, liberul perimedular este situat numai în dreptul lemnului primar, dînd naştere fasciculelor *bicolaterale*, pentru că zona de lemn este cuprinsă între două zone de liber. Celulele liberului intern sînt asemănătoare cu cele din liberul normal (extern) ; rareori se găsesc în el şi cîteva fibre mecanice (de ex. fibrele perimedulare ale unor *Solanaceae).*

Existenţa liberului perimedular caracterizează un anumit număr de familii, mai ales dintre gamopetale (*Apocynaceae, Asclepiadaceae, Convolvulaceae, Gentianaceae, Solanaceae, Cucurbitaceae*, unele *Compositae* liguliflore), dar şi dintre dialipetale (*Myrtaceae, Lythraceae, Euphorbiaceae).* La multe din aceste familii, în liberul intern se găsesc celule cu nisip, celule oxalifere, buzunare secretoare, laticifere etc. Subliniem faptul că liberul perimedular nu este niciodată în contact imediat cu vasele de lemn, ci este întotdeauna clar separat de acestea, cel puţin printr-un număr de celule de parenchim medular.

2. *Anomalii rezultînd din funcţionarea anormală a cambiului* (fig. 151).

a) În anumite cazuri cambiul, situat normal, poate forma pe alocuri *o cantitate mai mare de liber* decît de lemn. Astfel, o secţiune transversală prin tulpina de *Bignonia* (fig. 151, d), de exemplu, prezintă conuri liberiene care par adîncite între păturile de lemn secundar (exceptînd regiunea centrală) ; aceasta se datoreşte faptului că ţesutul cambial, după ce a funcţionat normal la început, încetează apoi în anumite puncte să mai producă lemn secundar şi dă naştere la exterior unui liber mai abundent ; teaca generatoare nu mai este atunci circulară, ci urmează conturul lemnului şi devine sinuoasă. Din aceleaşi motive pot rezulta tulpini aripate şi tulpini aplatizate, ca la *Bauhinia* (fig. 151 b).

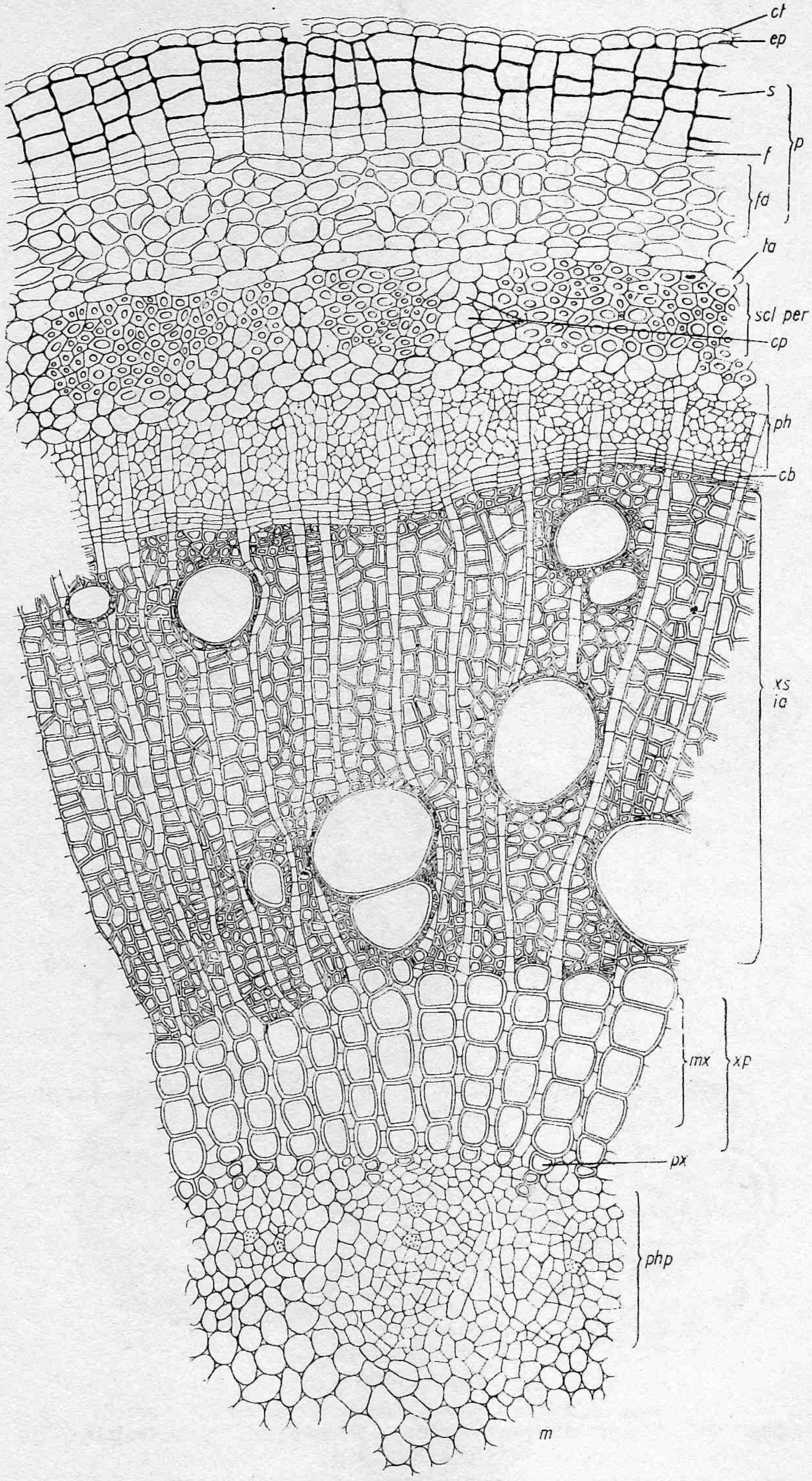


Fig. 149. Structura secundară particulară a tulpinii de *Periploca graeca* (secțiune transversală) :

cb — cambiu; *cp* — celule parenchimatice ale pericliclului; *ct* — cuticulă; *ep* — epidermă; *f* — felogen; *fd* — feloderm; *ia* — inel anual de lemn secundar; *m* — măduvă; *mx* — metaxilem; *p* — periderm; *ph* — floem; *php* — floem perimedular; *px* — protoxilem; *s* — suber; *scl per* — sclerenchim periciclic; *ta* — teacă amiliferă; *xp* — xilem primar; *xs* — xilem secundar (după I. T. Tarnavschi și colab.).

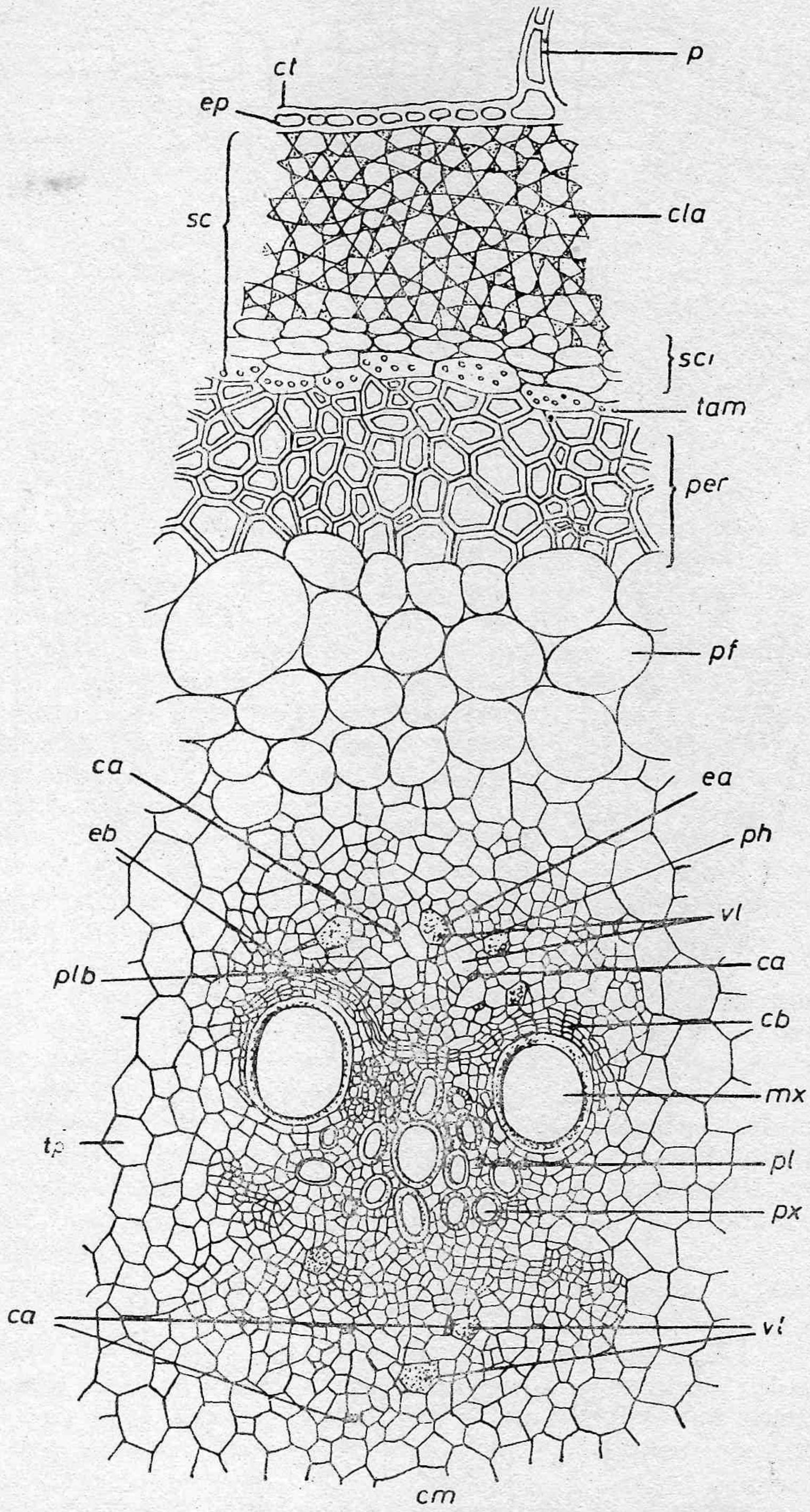


Fig. **150.** Sector dintr-o secțiune transversală prin tulpina de *Cucurbita pepo* :

ca — celule anexe; *cb* — cambiu; *cla* — colenchim angular; *cm* — canal medular; *ct* — cuticulă; *ep* — epidermă; *mx* — metaxilem; *p* — păr tector pluricelular; *per* — periciclu; *pf* — parenchim fundamental; *ph* — floem; *pl* — parenchim lemnos; *plb* — parenchim liberian; *px* — protoxilem; *sc* — scoarță; *sci* — scoarță internă; *tam* — teacă amiliferă; *tpf* — teacă parenchimatică fasciculară; *vl* — vase liberiene (tuburi ciuruite) (după I. T. Tarnavschi și colab.).

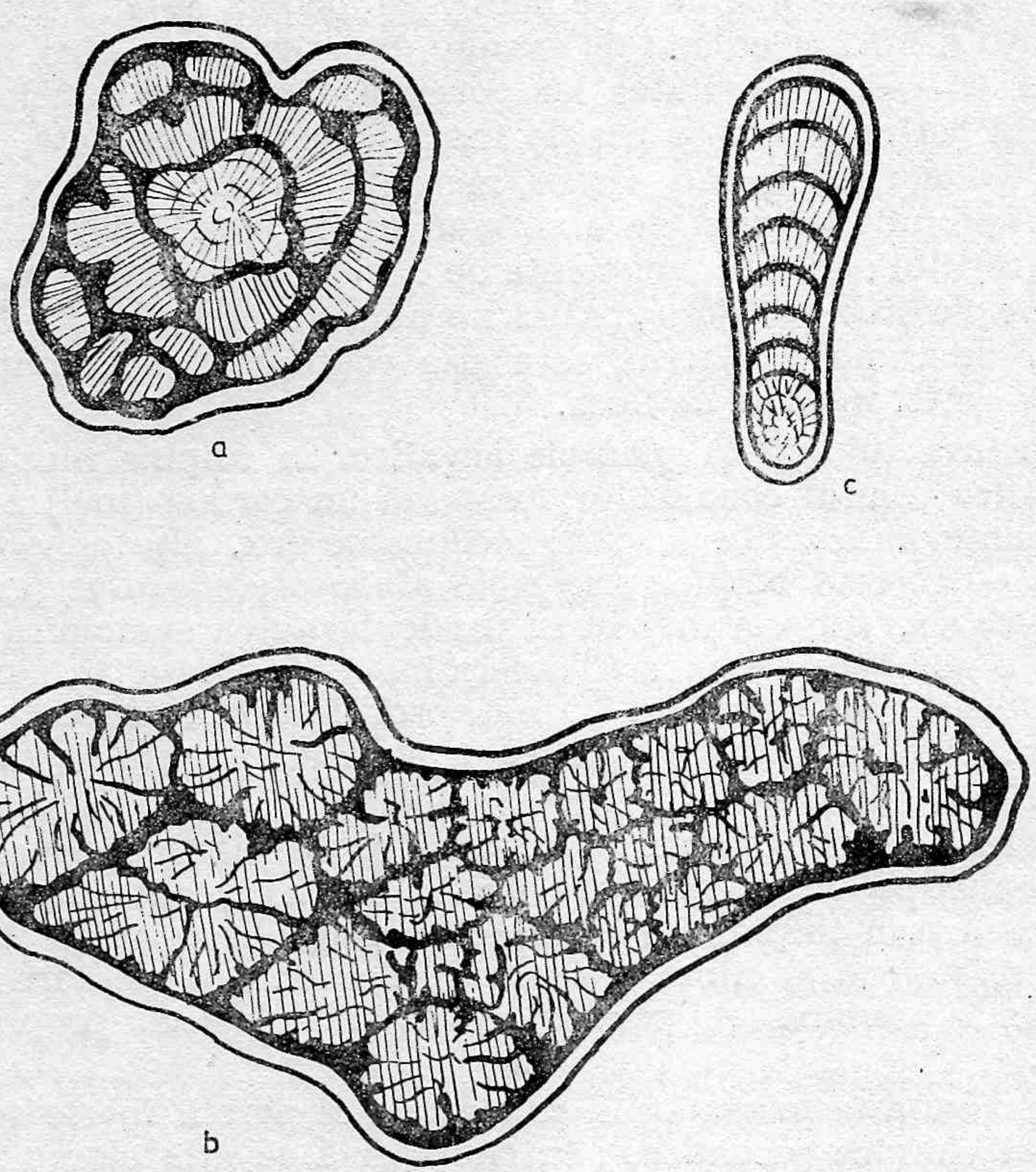


Fig. **151.** Structura secundară anormală a tulpinii :

a — *Stigmatophyllum* sp.; *b* — *Bauhinia* sp.; *c* — *Menispermum* sp.; *d* — *Bignonia* sp.; *e* — *Paullinia* sp. (*a, c, e :* după B o n n i e r; *b, d :* după I. G r i n ț e s c u).

b) Un alt tip de anomalii în funcţionarea cambiului provoacă formarea de insule de *liber intralemnos* (care nu trebuie să se confunde cu liberul intralemnos ce se formează în parenchimul lemnos secundar, celulozic, al unor rădăcini și de care noi ne-am ocupat deja). Pentru a produce aceste insule, mici segmente de cambiu dau naștere la liber pe ambele lui fețe, apoi își reiau activitatea lor normală, dînd spre interior lemn, care înglobează astfel din toate părţile insula liberiană formată, ca la *Combretum*, *Entada* ș.a. La *Strychnos*, mecanismul este puţin diferit : pe alocuri cambiul încetează de a se mai divide spre interior, dînd naștere numai liberului ; apoi noi segmente de cambiu se formează deasupra acestor insule de liber și, funcţionînd normal, se racordează marginile segmentelor de cambiu general, care și-a continuat între timp activitatea, înglobînd astfel insulele de liber.

Structura tulpinii la plantele acvatice. În tulpina multor spermatofite acvatice ţesutul conducător formează un cordon (inel) axial. Apartenenţa plantelor acvatice la *Dicotyledonatae* (ex. *Myriophyllum, Ceratophyllum* — cosorul bălţilor ș.a.) și la *Monocotyledonatae* (ex. *Potamogeton, Elodea* ș.a.) este un indiciu că particularitatea anatomică amintită reprezintă o adaptare secundară, determinată de viaţa în apă. Cordonul axial de ţesut conducător s-a format, probabil, prin concentrarea fasciculelor periferice, fapt care se mai poate încă recunoaște la unele specii de *Potamogeton*.

Pentru a analiza structura tulpinii de la plantele acvatice vom lua ca exemplu pe *Myriophyllum verticillatum* (peniţa apei). Secţiunea transversală prin tulpină ne arată aceleași trei zone anatomice cunoscute (epiderma, scoarţa și cilindrul central), dar cu o dezvoltare diferită faţă de tulpinile aeriene și particularităţi histologice proprii plantelor acvatice.

Epiderma este formată din celule cu toţi pereţii foarte subţiri și fără modificări chimice secundare ; în citoplasmă se află cloroplaste. Perii și stomatele lipsesc.

Scoarţa este extrem de groasă și diferenţiată în trei subzone : externă, mijlocie și internă. Scoarţa externă și cea internă sînt formate din celule strîns unite între ele (deci fără spaţii aerifere) și de formă poligonală, toate conţinînd numeroase cloroplaste. Scoarţa mijlocie (dealtfel și cea mai groasă) este străbătută de numeroase (15—20) canale aerifere, separate între ele prin lame radiare pluricelulare, adeseori uniseriate ; din loc în loc lamele radiare prezintă celule cu cristale minerale. Scoarţa se termină cu o endodermă de tip primar, avînd vizibile punctele lui Caspary în pereţii radiari ai celulelor componente.

Cilindrul central este foarte subţire în comparaţie cu scoarţa, la periferie avînd întotdeauna un periciclu parenchimatic unistratificat. În parenchimul fundamental nu se mai disting așa de ușor fascicule conducătoare libero-lemnoase de tip colateral, ci un inel extern de liber (mai mult sau mai puţin întrerupt de grupe de celule parenchimatice) și un inel intern de lemn (cu vase relativ puţine și mici, îndeosebi în zona perimedulară) ; așadar, ţesutul conducător formează un cordon axial cu doi cilindri : unul de liber și unul de lemn, în secţiune transversală fiind vizibili sub forma a două inele concentrice.

În concluzie, tulpina plantelor acvatice se caracterizează prin următoarele trăsături de structură : lipsa cuticulei, a perilor și a stomatelor ; scoarță foarte groasă și bogată în canale aerifere ; prezența cloroplastelor atît în scoarță, cît și în epidermă, deci cît mai aproape de lumină (care și așa pătrunde cu greu și de intensitate redusă în apă) ; prezența unei endoderme de tip primar ; lipsa țesuturilor mecanice ; prezența unor țesuturi conducătoare reduse (îndeosebi cele lemnoase).

În cazurile de reducere extremă a cilindrului central *(Elodea)*, există numai un canal central, reprezentînd un vas nedezvoltat sau „strivit", iar în jurul acestuia elemente de liber.

Tipuri de plante după caracterele lăstarului, modul de ramificare și durata vieții. Durata vieții unei plante depinde în mare măsură de gradul de lignificare, după care spermatofitele se împart în trei mari categorii : lemnoase, ierbacee și suculente.

1. *Plantele lemnoase* sînt formate din lăstari suprapuși anual, care cresc în grosime și sînt durabili datorită lignificării intense și țesuturilor protectoare. După durata și forma lor de creștere, plantele lemnoase se clasifică în arbori, arbustoizi, arbuști și subarbuști.

a. *Arborii* au în partea bazală tulpina neramificată, groasă, numită trunchi, iar în partea superioară coroana susținută de trunchi și formată din ramuri de ordine diferite, care se formează acroton. După însușirile morfo-anatomice se deosebesc două tipuri de arbori : tipul palmier și tipul cetinos-foios. Tipul palmier (întîlnit la *Palmae* și *Cycadeae*) are tulpina cu internoduri scurte, neramificată, cu un mănunchi de frunze mari la vîrf, fără structură secundară și, deci, crescînd puțin în grosime ; sistemul radicular este format din rădăcini numeroase, fără îngroșare secundară. Tipul cetinos și foios are tulpina cu ramificare continuă, cu îngroșare secundară vizibilă și cu sistem radicular complex, avînd îngroșare secundară.

La arbori trunchiul este puternic, cu diametrul depășind un metru și înălțimea de 20—30 metri ori chiar mai mult ; ciclul individual de dezvoltare durează mai mulți ani, iar tendința de drajonare este absentă sau redusă ; este pronunțat fenomenul de creștere și etajare a ramurilor ; prezintă țesuturi lemnoase (lignificate) rezistente și durabile.

b. *Arbustoizii* sînt arborescenți, cu mai multe trunchiuri în diametru de 10—15 cm, creștere mai slabă și durată mai scurtă, înălțime mijlocie de 3—4 pînă la 6—7 m ; ciclul individual este scurt (fructifică mai curînd și au longevitate mai redusă) ; au tendință de drajonare, iar fenomenul de etajare a ramurilor este mai puțin accentuat (ex. *Cydonia, Cornus, Ficus, Amygdalus, Corylus* ș.a.).

c. *Arbuștii* au mai multe axe de aceeași mărime, toate plecînd de la bază ; au înălțime mică (2—3 m), ramificare laterală bazitonă și alungire slabă a lăstarului principal ; diametrul tulpinii la bază este de 2—3 cm, iar ciclul individual scurt și, deci, tulpini puțin longevive, fără ramuri etajate (ex. *Rosa, Spiraea, Euonymus* ș.a.).

d. *Subarbuștii* sau semiarbuștii cresc ca și arbuștii, dar au perenă numai partea bazală a axelor, cea superioară fiind anuală sau bienală, au mai puțin țesut lemnos (în schimb măduva este groasă) (ex. *Rubus, Vaccinium* — afin, *Astragalus* — unghia găii, unele specii de *Artemisia* — pelin, *Hypericum* ș.a.).

2. *Plantele ierbacee* au forme de creştere foarte variate, axa primară fiind neramificată la unele specii, sau foarte ramificată la altele ; lăstarii laterali ajung chiar în anul formării la aceleași dimensiuni și dezvoltare ca și lăstarul principal.

După durata vieţii și numărul de fructificaţii, plantele ierbacee se clasifică în patru categorii : perene, vivace, bienale și anuale.

a. *Plantele perene* trăiesc timp îndelungat (cel puţin mai mult de trei ani), fructificînd în fiecare an ; ele se mai numesc și plante *pollaxanthe*. În procesul evolutiv ele constituie o treaptă de adaptare la condiţii de temperatură și umiditate, cu fluctuaţii sezoniere însemnate.

Unele sînt heleofite, adică pierd lăstarii aerieni pe timpul perioadei de uscăciune sau de frig și, la reluarea vieţii active, „odrăslesc“ lăstari de înnoire. Sînt hemicriptofite acelea a căror lăstari scurţi de înnoire se găsesc la nivelul solului sau parţial adăpostiţi în el (ex. unele specii de *Festuca, Poa, Medicago, Trifolium, Cirsium* — pălămida, *Viola* ș.a.) și criptofite sau geofite acelea a căror parte durabilă (rădăcini, tulpini subterane cu muguri) este afundată în sol (ex. specii de *Scilla, Galanthus, Polygonatum, Tulipa* ș.a.).

Plantele ierbacee *efemeroide* au organe vegetative aeriene de scurtă durată, acumulează rezerve nutritive și fructifică în timp scurt, după care mor. Unele din ele (ex. *Scilla bifolia, Allium ursinum, Corydalis cava* ș.a.) formează aspectul vernal din pădurile de foioase ; aparatul lor vegetativ aerian funcţionează îndeosebi înainte de înfrunzirea arborilor, cînd la sol ajunge o mare cantitate din radiaţiile solare. Altele (ex. unele specii de *Crocus, Hyacinthus, Ornithogalum* — lușca ș.a.) aparţin florei de stepă și ele evită perioadele de uscăciune și căldură, organele lor aeriene funcţionînd mai intens tot primăvara, cînd regimul de umiditate fotic și termic le este favorabil.

b. *Plantele vivace* (ex. *Aloe, Agave, Sempervivum* ș.a.) trăiesc adesea mulţi ani (*Agave americana* trăiește pînă la 100 ani), însă înfloresc și fructifică o singură dată, după care mor ; ele se mai numesc și plante hapaxanthe sau monocarpice.

c. *Plantele bienale* își încheie ciclul de viaţă în anul al doilea, după fructificare (ex. *Daucus carota, Beta vulgaris, Brassica oleracea* ș.a.). Ele iernează cu mugurii desfăcuţi și protejaţi de funzele caduce care alcătuiesc rozeta formată în primul an. În procesul evolutiv bienalele reprezintă rezultatul adaptării la condiţii neprielnice, prin scurtarea ciclului individual.

d. *Plantele anuale* sau terofite trăiesc numai un an, cînd și fructifică, trecînd perioada nefavorabilă (timpul de repaus) sub formă de seminţe sau fructe. Anualele, la rîndul lor sînt de trei categorii : de toamnă (de iarnă), de vară și efemere.

— Anualele de toamnă (de iarnă) fac trecerea de la bienale la anuale. Seminţele (sau fructele) lor germinează toamna, iarna vernalizîndu-se (de la lat. *vernalis* — de primăvară) și păstrînd frunzele verzi ; primăvara se dezvoltă repede, fructificînd (ex. speciile de *Triticum* de toamnă, specii de *Secale, Brassica, Vicia* ș.a.). Aceste plante sînt adaptate la condiţiile regiunilor stepice, nordice, mai reci (locul lor de origine) ; perioada de repaus coincide cu timpul căldurilor de vară, nefavorabile lor.

— Anualele de vară au viaţă activă (vegetativă şi de reproducere) în timpul verii, încheind-o cel mai tîrziu la începutul toamnei. Aceste plante s-au adaptat la condiţiile regiunilor calde, stepice, mediteraneene sau subtropicale (locul lor de origine) (ex. specii de *Phaseolus, Zea, Helianthus, Ricinus* ş.a.).

— Efemerele sînt acele plante care au o viaţă foarte scurtă, crescînd şi fructificînd în cel mult 2—4 săptămîni, mai ales primăvara. Sînt adaptate să folosească umezeala de la suprafaţa solului, rezultată din topirea zăpezii, şi încălzirea lui bruscă, atît în stepă (ex. *Draba verna* — flămînzica, *Holosteum umbellatum* — cuişoriţa, *Ceratocephalus ortoceras, Lamium amplexicaule* — sugel ş.a.), cît şi în pădurile de foioase (ex. *Veronica hederifolia* — doritoare ş.a.), care participă la alcătuirea aspectului vernal.

3. *Plantele suculente* sînt foarte longevive, adaptate adesea la condiţii de secetă. Axele lor aeriene, afile sau cu frunze foarte reduse, sînt slab lignificate, în ele predominînd parenchimul acvifer şi cel asimilator (ex. *Cactaceae, Euphorbiaceae, Crassulaceae* ş.a.). Configuraţia lor atît de asemănătoare reprezintă un caz evident de convergenţă morfologică.

Înălţimea şi lungimea tulpinii. Speciile de *Lemna* şi *Wolffia* au o tulpină sferică, de 2—5 mm diametru. În contrast cu acestea, liana *Calamus draco* are tulpina lungă de peste 300 m, iar rizomii de *Phragmites communis* din Delta Dunării pot depăşi lungimea de 250 m.

Înălţimea plantelor în general (a arborilor în special) devine mai mare pe măsură ce ele cresc în regiuni mai calde şi mai umede. Astfel, *Eucalyptus amygdalina* (din Australia) atinge înălţimi de peste 160 m şi circumferinţa tulpinii este de peste 30 m. O înălţime apropiată (peste 140 m) şi o circumferinţă a tulpinii de peste 35 m atinge *Sequoia gigantea* (arborele mamut) din Munţii Stîncoşi ai Californiei.

În zona temperată, *Abies alba* (bradul) poate atinge 75 m înălţime, *Picea abies* (molidul), 60 m, *Larix decidua* (zada), 53 m. În ţara noastră, înălţimea maximă o atinge bradul (50 m), iar grosimea cea mai mare a trunchiului (peste 9 m) o atinge stejarul (*Quercus robur*).

Longevitatea tulpinii variază de la cîteva săptămîni (plantele efemere), cîteva luni (plantele anuale), doi ani (plantele bienale), pînă la zeci, sute şi chiar mii de ani (la unele specii lemnoase). Longevitatea maximă o au plantele din zonele calde ; astfel, *Sequoia gigantea* şi *Adansonia digitata* ating 5 000 ani, *Cedrus libani* şi *Taxus baccata* — 3 000 ani, *Castanea vesca* şi *Juniperus communis* — ienupăr — 2 000 ani, *Quercus robur, Picea abies* şi *Pinus sibirica* — 1 200 ani, *Fagus silvatica* — 600—900 ani, *Populus alba* — 300—600 ani, *Juglans regia* — 300—400 ani, *Malus domestica* — 200 ani, *Vitis vinifera* — 80—120 ani.

4.8. FRUNZA

Frunza este cel de-al treilea organ vegetativ ; ea reprezintă o expansiune laterală a tulpinii şi formează împreună cu aceasta lăstarul. Funcţia principală a frunzei este fotosinteza, dar aceasta este însoţită de alte două procese principale : transpiraţia şi schimburile de gaze ; în cazuri speciale frunzele metamorfozate mai îndeplinesc şi alte funcţii : de protecţie, de absorbţie, înmagazinare de substanţe nutritive de rezervă, de nutriţie carnivoră, înmulţire vegetativă etc.

Frunza prezintă, cel mai adesea, o orientare mai mult sau mai puţin orizontală, în timp ce tulpina este verticală ; această orientare fiind realizată printr-o curbură către exterior, rezultă că ţesuturile cele mai externe ale tulpinii ocupă faţa inferioară a frunzei, în timp ce ţesuturile mai interne vor ocupa faţa superioară. Aşa se explică de ce în fas-

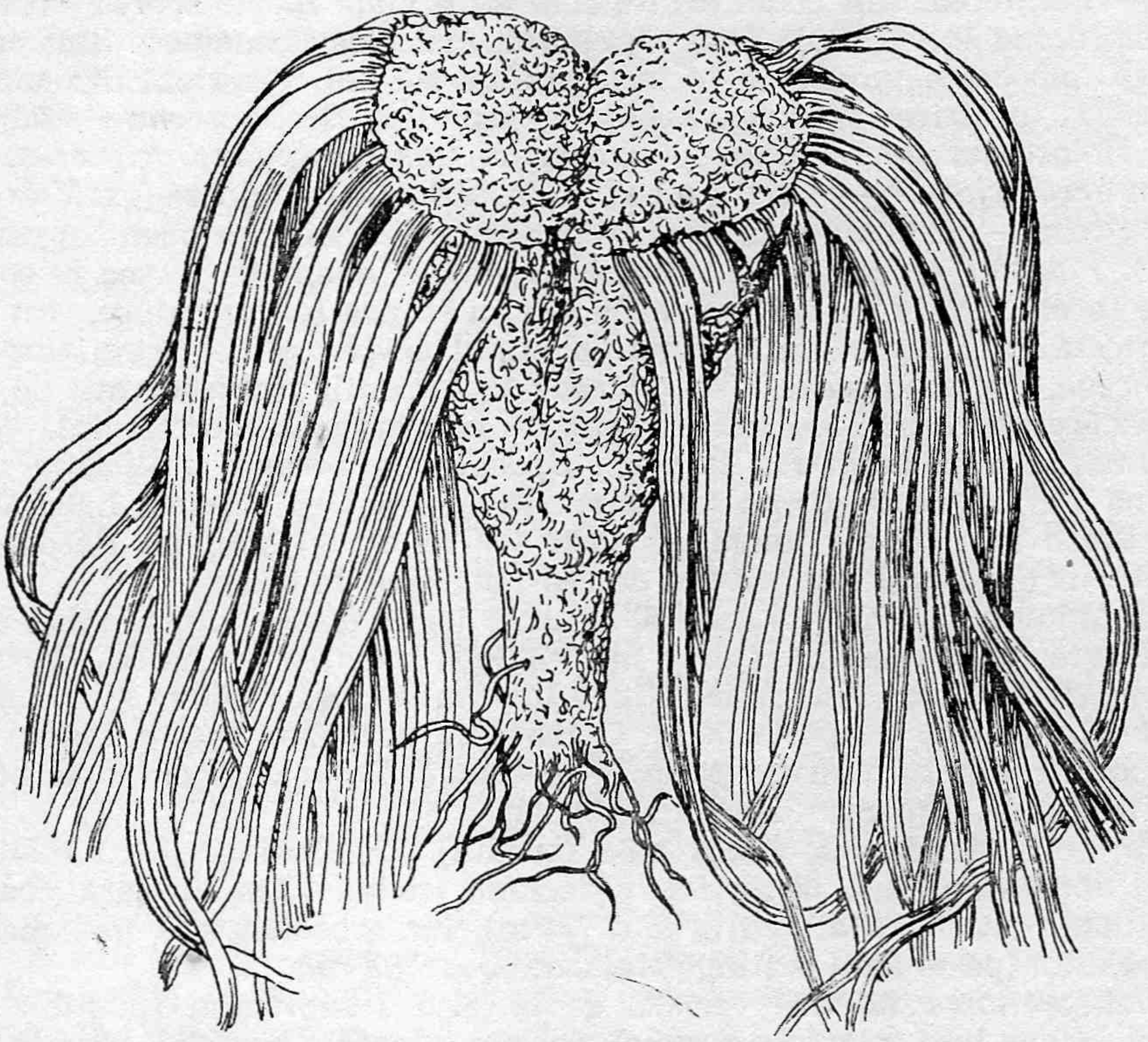


Fig. 152. Aspectul general al speciei *Walwitschia mirabilis* (după Guttenberg).

ciculele libero-lemnoase ale frunzelor lemnul va fi întotdeauna orientat spre faţa superioară şi liberul spre cea inferioară.

Diferenţa esenţială dintre tulpină şi frunză constă în dispoziţia aparatului conducător ; acesta are o simetrie axială (radiară) la tulpină şi o simetrie bilaterală la frunză. În plus faţă de tulpină, frunzele se caracterizează printr-o creştere limitată [excepţie făcînd unele pteridofite şi *Welwitschia* (fig. 152) dintre gimnosperme].

4.8.1. MORFOGENEZA FRUNZEI

Frunza se dezvoltă pe seama meristemului apical al tulpinii, din straturile lui superficiale, sub formă de primordiu (fig. 153). Primordiile foliare au aspect variat : de negi sau mameloane mici *(Elodea)*, de solzi *(Ulmus)*, de umflături circulare *(Iris)* etc.

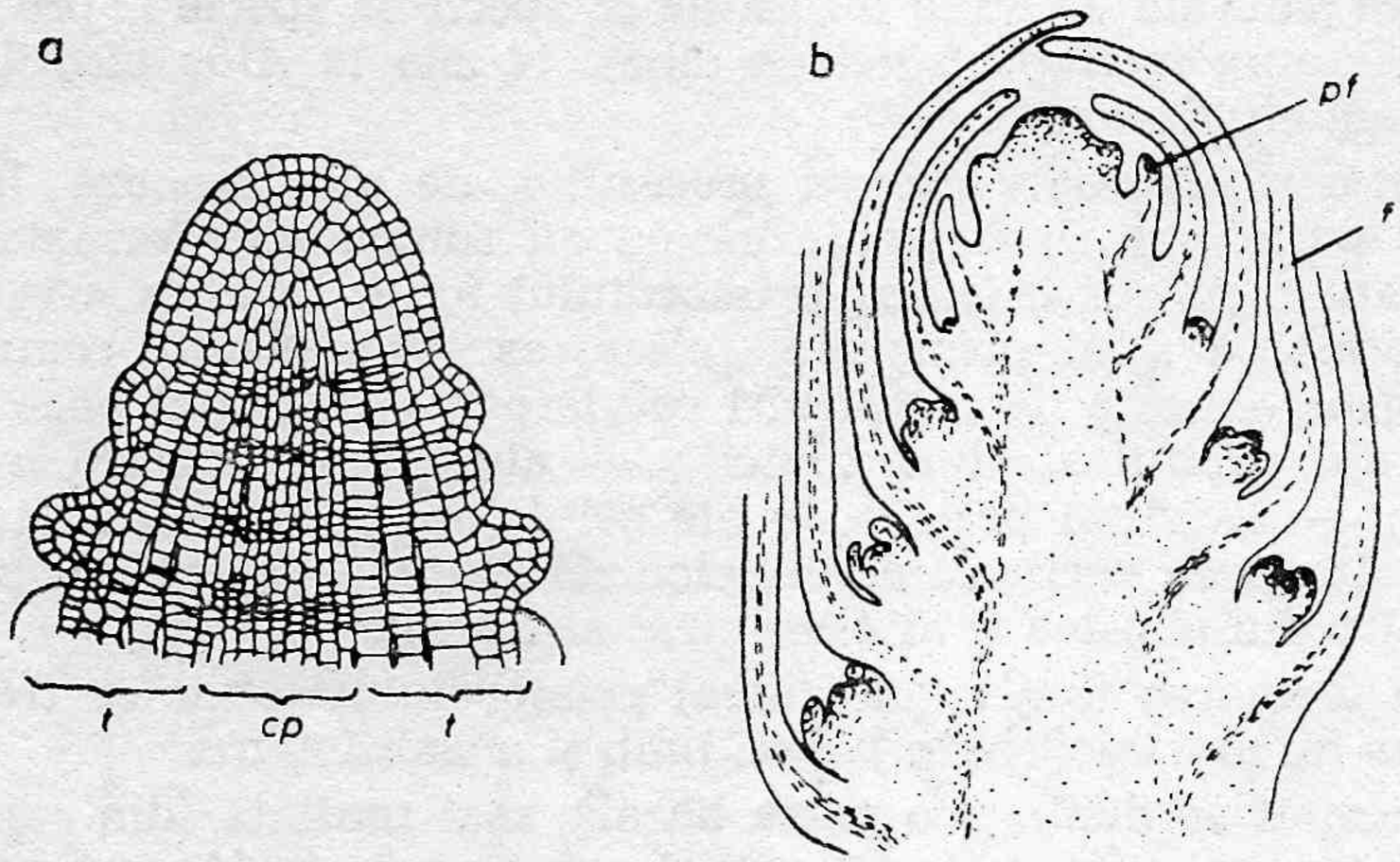


Fig. **153.** Structura vîrfului vegetativ al tulpinii (*a*) și a mugurului terminal (*b*) de *Hippuris vulgaris* (secțiune longitudinală) : *cp* — corpus; *f* — frunze tinere; *pf* — primordiu foliar; *t* — tunică (după Strasburger).

La anumite grupe primitive de plante vasculare (ex. *Pteridophyta*) frunza ia naștere dintr-o singură celulă inițială. Dimpotrivă, la plantele din grupa *Spermatophyta* frunza se formează ca urmare a diviziunilor periclinale, plecînd de la grupe de celule meristematice localizate pe flancurile inelului inițial al apexului și care constituie filogenul.

După teoria „histogenelor", frunza ar rezulta din derivatele dermatogenului și ale periblemului.

După teoria „tunica-corpus" și teoria „inelului inițial", frunza se formează astfel : din diviziuni periclinale ale unicului strat ce formează tunica *(Triticum vulgare, Secale cereale* și alte multe monocotiledonate ierbacee) ; din diviziuni periclinale ale unicului strat ce formează tunica și din stratul extern al corpusului *(Zea mays, Avena sativa* ș.a.) ; din diviziuni periclinale ale unicului strat ce formează tunica și din primele două straturi externe ale corpusului (*Cryptostegia grandiflora* ș.a.) ; din diviziuni periclinale ale straturilor externe ale corpusului (*Allium porrum, Scrophularia nodosa* — berberic, *Aloe ferox* ș.a.) ; din diviziuni periclinale ale celui de-al doilea strat (intern) al tunicii bistratificate (*Elodea canadensis, Galium rubioides, Pelargonium zonale, Centaurium umbellatum, Tradescantia albiflora* ș.a.) ; din diviziuni periclinale ale celui de-al doilea strat (intern) al tunicii bistratificate și din corpus (*Datura stramonium, Iris germanica, Veronica myrtifolia, Morus alba,* unele specii de *Carya* și *Rubus* etc.) ; din diviziuni periclinale ale celui de-al treilea strat al tunicii 3—4 — stratificate (*Arabis albida* ș.a.) ; din diviziuni periclinale ale straturilor 3 și 4 (*Acacia longifolia*) sau 2, 3 și 4 (*Viburnum rufidulum, Amygdalus communis* ș.a.) al tunicii pluristratificate.

În lungul apexului primordiile foliare apar în mod *acropetal,* adică noile primordii, care sînt deci și cele mai mici, iau naștere mereu înspre vîrf ; pe măsură ce se formează și deci se îndepărtează de vîrf, ele cresc, devenind din ce în ce mai mari. Timpul care se scurge între formarea a două primordii, sau a două perechi de primordii consecutive, se numește

plastochron ; durata acestuia diferă de la specie la specie : spre exemplu, 2 zile la *Galium mollugo* (sînziene albe), 44 zile la *Aloe picatilis,* un an la *Pteridium aquilinum.*

Cercetările efectuate asupra procesului de morfogeneză la diferite plante au permis să se conchidă că, cu cît tunica este formată din mai multe straturi, cu atît originea primordiului foliar în apex este mai profundă. Formarea unui primordiu foliar (ex. *Amygdalus communis*) se traduce printr-o serie de modificări celulare : — diviziuni anticlinale ale celulelor din primul strat al tunicii ; — alungirea verticală a celulelor rezultate ; — diviziuni periclinale ale celulelor din al doilea strat al tunicii ; — alungirea verticală a celulelor rezultate ; — diviziuni periclinale ale celulelor din al 3-lea și al 4-lea strat al tunicii.

După formarea (individualizarea) primordiului foliar se trece la diferențierea lui morfologică în peţiol, limb și anexe foliare.

La început se distinge o parte bazală, mai umflată (din care vor rezulta baza frunzei și anexele foliare) și o parte terminală, mai subţire (din care vor rezulta peţiolul și limbul). La cele mai multe dicotiledonate formarea limbului este precedată de diferențierea viitorului peţiol și a nervurii mediane (fig. 154).

Formarea limbului în ontogeneză implică morfogeneză și histogeneză.

Morfogeneza sau diferențierea morfologică a limbului are loc treptat, primordiul transformîndu-se fie începînd de la bază spre vîrf (care se află în stare meristematică), prin *diferențiere acropetală* (de ex. la *Pteridophyta),* fie de la vîrf spre bază, prin *diferențiere bazipetală* (de ex. la multe *angiosperme* ierbacee : *Caryophyllaceae, Iridaceae, Gentianaceae* ș.a.), fie din partea lui mijlocie (de ex. la unele angiosperme lemnoase : *Populus, Syringa* ș.a.).

Creșterea în lungime a limbului are loc într-o zonă situată la vîrful primordiului foliar *(Pteridophyta, Ginkgo biloba, Drosera rotundifolia).* La cele mai multe plante activitatea acestei zone este însă de scurtă durată și de aceea curînd intră în activitate *zona intercalară* (mai ales la frunzele lung peţiolate), care asigură creșterea limbului foliar la marea majoritate a angiospermelor. La unele gimnosperme (*Welwitschia, Pinus* ș.a.) și multe monocotiledonate *(Iris, Sansevieria* ș.a.) se pare că există o singură zonă intercalară, situată în poziţie bazală, pe seama căreia frunza crește toată viaţa ei. La marea majoritate a angiospermelor frunzele cresc în lungime pe seama a două sau mai multe zone meristematice intercalare.

Creșterea în grosime a limbului este limitată numai la nervura mediană și are loc datorită activităţii unui meristem subepidermal ; în puţine cazuri (ex. *Plantago*) creșterea în grosime se face pe toată întinderea frunzei.

Creșterea în lăţime se datorește atît creșterii marginale, cît și celei în suprafaţă. Ea începe de la baza primordiului și se deplasează în anexele foliare, iar apoi în limb. Cînd această creștere persistă mai mult timp la baza primordiului rezultă frunze cu limb mai lat decît lung (de contur cordiform sau reniform). Cînd creșterea în lăţime persistă mai mult timp la mijlocul limbului rezultă frunze cu limb eliptic. Cînd, în sfîrșit, această creștere este localizată îndeosebi în vîrful primordiului, rezultă frunze cu limb spatulat.

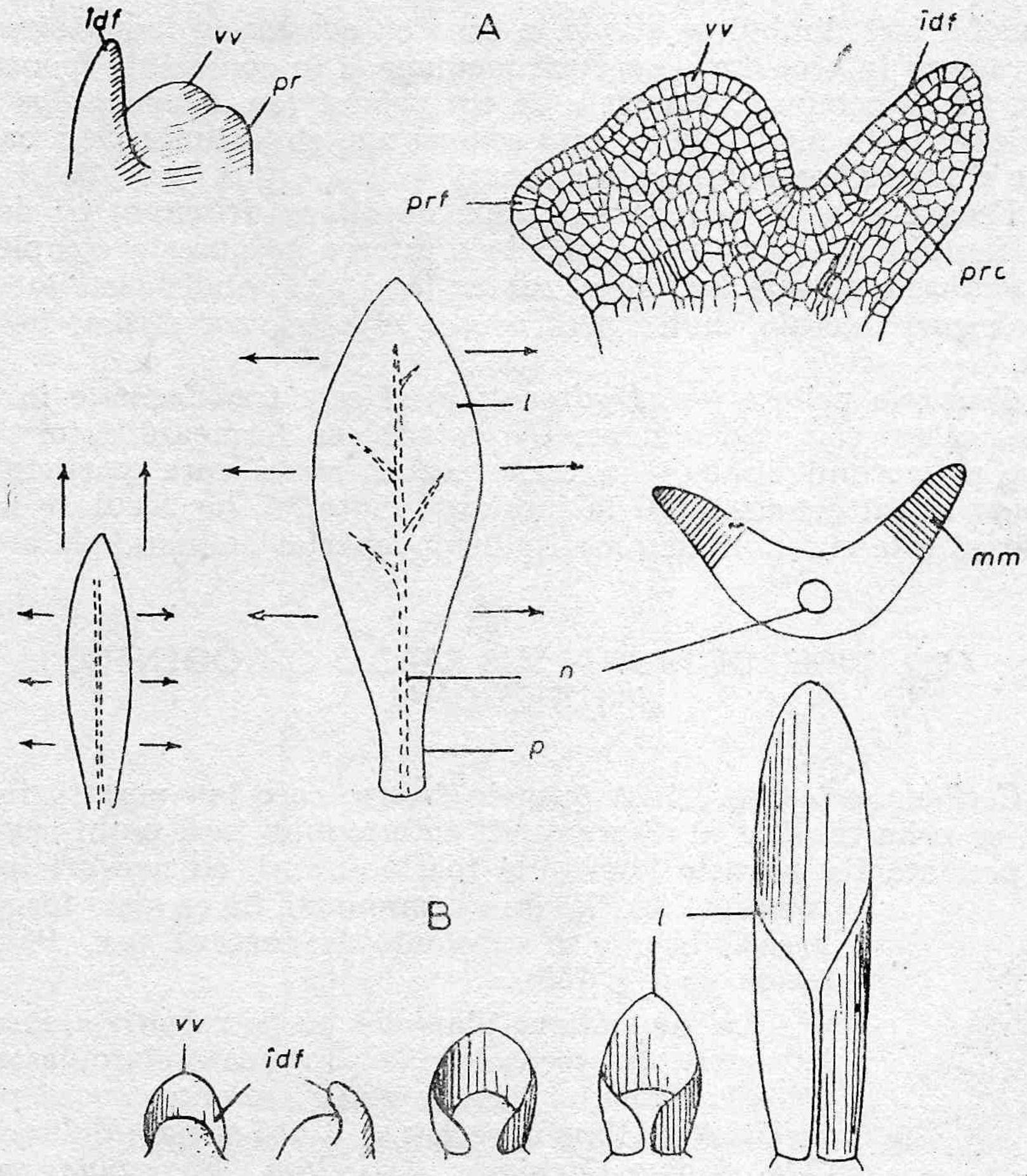


Fig. **154.** Dezvoltarea frunzei la *Dicotyledonatae* (*A*) şi *Monocotyledonatae* (*B*) :

îdf — început de diferenţiere foliară; *l* — limb; *mm* — meristem marginal; *n* — nervură; *p* — peţiol; *pr* — primordiu; *prc* — procambiu; *prf* — primordiu foliar; *vv* — vîrf vegetativ (după C a m e f o r t).

Dinţii sau lobii rezultă prin încetarea mai timpurie a creşterii marginale în anumite puncte. Dacă creşterea marginală încetează în anumite puncte chiar în primordiile tinere, atunci iau naştere frunze penat-compuse (protuberanţele localizate lateral, cu capacitate de creştere, vor da naştere foliolelor laterale, iar protuberanţa situată apical va da naştere foliolei terminale — în cazul frunzelor imparipenat-compuse). Dacă creşterea marginală se opreşte în anumite puncte de la baza primordiului, iau naştere frunze palmat-compuse. Aşadar, foliolele pot apare bazipet, bazifug sau în ambele direcţii.

Între *cazurile particulare de morfogeneză* menţionăm : a) *Frunzele palmierilor* (ex. *Phoenix*) au limbul plisat încă din primordiu şi la maturitate apare divizat în fîşii lungi numite pinule. Ţesutul de legătură între pliuri se resoarbe, iar meristemul din muchiile pliurilor se dezorgani-

zează, astfel încît limbul se divide în pinule ; acestea se îndepărtează datorită creșterii intercalare a nervurii mediane și în consecință frunza este, aparent, penat-compusă. Frunzele de tip palmat (ex. *Chamaerops humilis*) se dezvoltă în mod identic, însă segmentele sînt alipite pe o oarecare lungime și pleacă toate din același punct.

b) Frunzele cu limbul perforat (ex. *Monstera deliciosa*) își datoresc găurile faptului că în anumite puncte creșterea se oprește complet.

c) *Frunzele sfîșiate* (ex. *Musa sapientium*) au limbul foarte lat și lipsit de nervuri laterale, motiv pentru care el este ușor sfîșiat, îndeosebi de vînt.

d) Frunzele peltate (ex. *Hydrocotyle*) și cele transformate în urcior (ex. *Nepenthes*) sau vezicule (ex. *Utricularia*) se formează datorită apariției pe primordiul limbului a unor protuberanțe care participă împreună cu restul primordiului la formarea limbului, iar locul de inserție a pețiolului este mai mult sau mai puțin îndepărtat de marginea acestuia.

4.8.2. TIPURI DE FRUNZE SUB RAPORT ONTOGENETIC ȘI FUNCȚIONAL

1. *Cotiledoanele* reprezintă primele frunze care iau naștere în viața plantei, ca prim rezultat al diferențierii embrionului încă puțin organizat. Ele se prezintă fie ca niște frunzulițe foarte subțiri, cu nervuri încă incomplete (ex. *Ricinus communis)*, fie ca niște formațiuni groase, bogate în substanțe de rezervă (ex. *Phaseolus vulgaris*) (fig. 155).

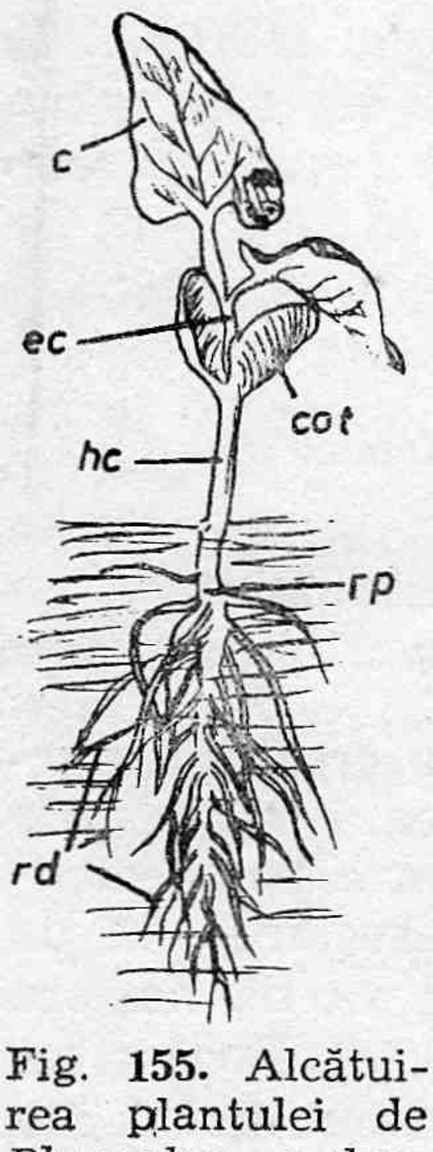


Fig. **155.** Alcătuirea plantulei de *Phaseolus vulgaris* :

c — catafilă; *cot* — cotiledoane hipogeice; *ec* — epicotil; *hc* — hipocotil; *rd* — rădăcini secundare; *rp* — rădăcină principală (după I. Grințescu).

La majoritatea plantelor cu *germinație epigee* cotiledoanele sînt scoase din sol, formează cloroplaste și au rol asimilator în primele etape ale ontogenezei plantei, iar după un timp oarecare se usucă și cad (*Malus, Pyrus, Tilia, Fagus, Carpinus, Trifolium, Phaseolus vulgaris* ș.a.). Uneori cotiledoanele persistă toată viața plantei, reprezentînd singurele frunze asimilatoare ; una dintre ele crește mult și la baza ei se dezvoltă inflorescența (ex. *Monophyllaea horsfieldi*) (fig. 156).

La plantele cu *germinație hipogee* contiledoanele rămîn în sol, sînt groase (bogate în substanțe nutritive de rezervă) și nu conțin cloroplaste, deci sînt neasimilatoare (*Pisum, Phaseolus multiflorus, Quercus* și alte dicotiledonate, precum și majoritatea monocotiledonatelor).

La unele *Gramineae*, cum ar fi *Triticum, Avena, Hordeum* (orz) ș.a., în afară de cotiledonul normal dezvoltat, cu rol în absorbție și numit *scutelum* (lipsit de substanțe de rezervă), mai există și un al doilea cotiledon, rudimentar, numit *epiblast*, situat în poziție opusă față de cel normal (fig. 157).

Numărul cotiledoanelor variază la spermatofite : 2—15 (gimnosperme), 2 (dicotiledonate) sau 1 (monoco-

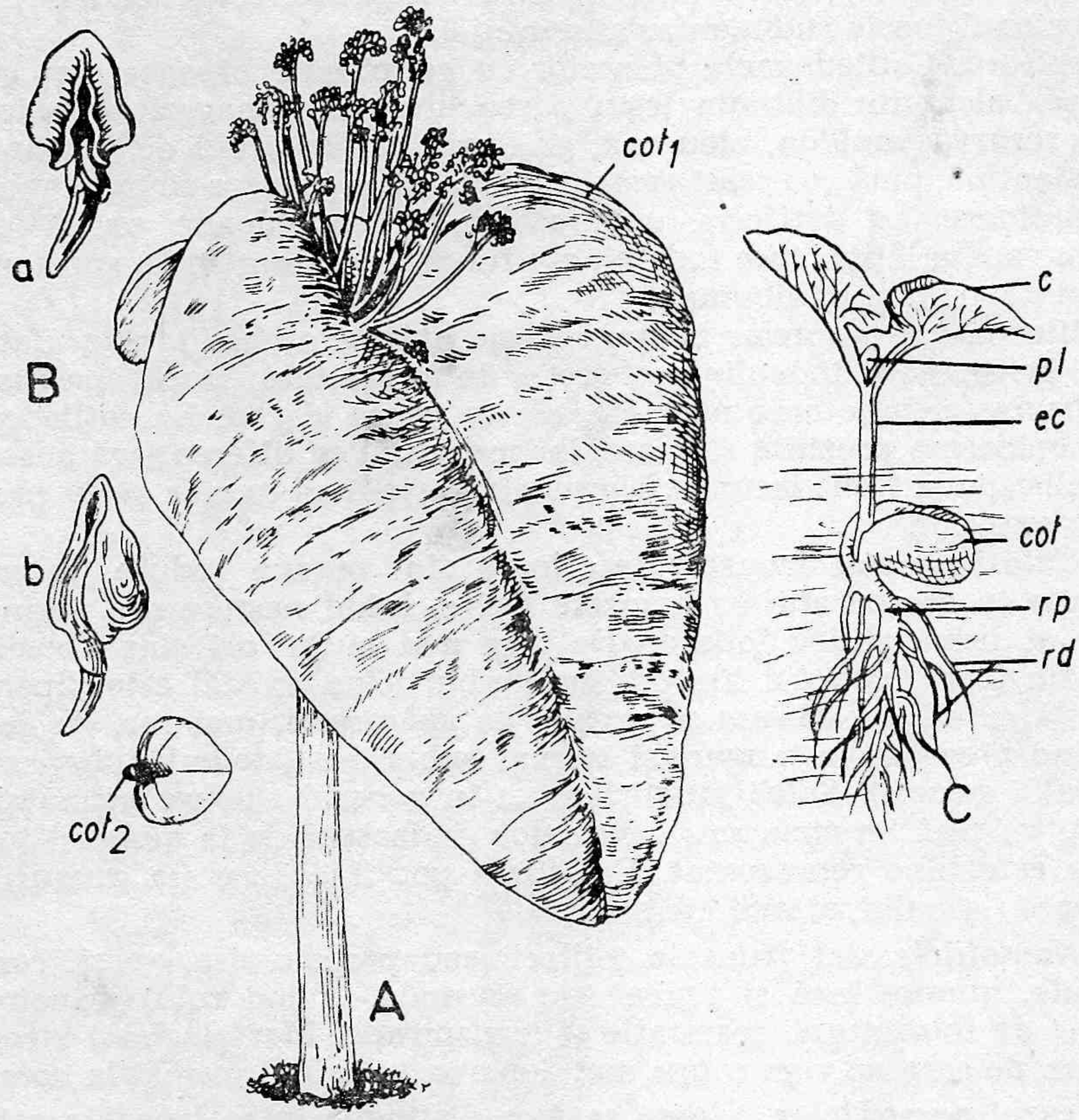


Fig. **156.** Tipuri de cotiledoane : *A — Monophyllea horsfieldi* ; *B — Zea mays* ; *C — Phaseolus multiflorus* :

a — scutelum văzut din față; *b* — scutelum văzut din profil; *c* — catafile; *cot* — cotiledoane epigeice; cot_1 — cotiledon dezvoltat; cot_2 — cotiledon rudimentar; *ec* — epicotil; *pl* — plumulă (gemulă); *rd* — radicele; *rp* — rădăcină principală (*A* : după Guttenberg; *B* : după I. Grințescu).

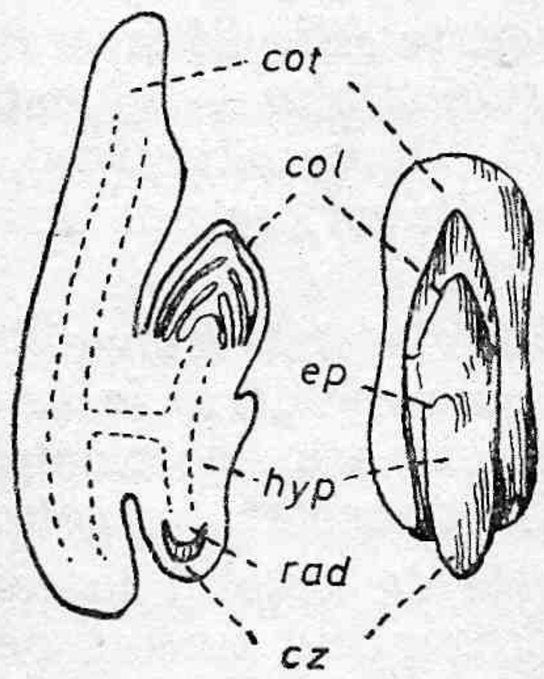


Fig. **157.** Secțiune transversală și vedere din față a unui embrion de la *Gramineae* :

col — coleoptil care învelește gemula și primele frunze; *cot* — cotiledon (scutelum); *cz* — coleoriză; *ep* — epiblast; *hyp* — hipocotil; *rad* — radiculă (după Deysson).

tiledonate). La multe plante semiparazite (ex. *Viscum*) și parazite (ex. *Cuscuta, Orobanche* ș.a.), precum și la *Orchidaceae*, cotiledoanele lipsesc din embrionul foarte rudimentar al seminței.

Structură. Cotiledoanele plantelor cu germinație hipogee sînt groase (cărnoase), alcătuite dintr-un țesut parenchimatic, înmagazinator de materii de rezervă (amidon, aleuronă, grăsimi). Ele au rolul de a hrăni viitoarea plantulă, pînă ce aceasta este capabilă să-și prepare singură substanțele hrănitoare. La periferia unor astfel de cotiledoane există celule lungi, cu capete lățite, care îndeplinesc funcția de absorbție a substanțelor nutritive depozitate în albumen.

Cotiledoanele plantelor cu germinație epigee, ajunse la suprafața solului se înverzesc și îndeplinesc funcția de fotosinteză. După apariția primelor frunze asimilatoare normale, ele se usucă și cad. La cotiledoanele mature epiderma prezintă stomate, iar mezofilul se diferențiază adesea în țesut palisadic și țesut lacunos. Nervurile variază ca număr și nu proeminează la exterior.

2. *Catafilele* sau frunzele inferioare sînt organe reduse, incomplet constituite în comparație cu frunzele tipice, luînd naștere din segmentul inferior al primordiilor foliare. De cele mai multe ori sînt constituite numai din teacă, pețiolul lipsind, iar limbul (cînd există) este pipernicit. De regulă catafilele servesc ca organe de apărare și, mai rar, de depozitare, fiind prezente la muguri și tulpini subterane (stoloni, tuberculi, rizomi, bulbi solzoși). Solzii mugurilor au în general culoare brună și sînt acoperiți cu peri. În structura catafilelor (îndeosebi de la muguri) țesutul mecanic este bine reprezentat. Catafilele pot fi caduce (la muguri) sau persistente (la bulbi, rizomi etc.).

3. *Nomofilele* sînt frunzele mijlocii sau propriu-zise, verzi, complet dezvoltate, numite încă și tipice sau normale, avînd rolul principal în procesele de fotosinteză, respirație și transpirație. Morfologia și structura frunzelor, de care ne vom ocupa mai departe, se referă tocmai la nomofile.

În cazul nomofilelor, adesea se face distincție între frunzele primare (protofile) și frunzele următoare (metafile).

a) Protofilele, frunzele primare sau primordiale, se formează fie imediat după cotiledoane, în loc de catafile, fie după acestea din urmă. Ele rămîn adesea foarte mici în comparație cu frunzele propriu-zise și diferă ca formă de acestea, fiind simple și avînd limbul întreg (*Trifolium, Onobrychis, Phaseolus, Fraxinus* ș.a.), mai puțin lobat (*Quercus, Acer* ș.a.), fiind mai scurte (*Phyllitis scolopendrium* — năvalnic) sau mai înguste (*Sagittaria sagittifolia* — săgeata apei), solitare, cu trei muchii și cu marginea dințată *(Pinus silvestris),* aciculare *(Thuja)* sau cu dispoziție opusă *(Eucalyptus).* Uneori se pot urmări diferite forme de trecere de la protofile la metafile.

b) Metafilele sînt frunzele ce apar mai tîrziu, la plantele mature. Unii autori numesc „frunze de tinerețe“ pe acelea care apar pînă la înflorirea plantei ; așa de exemplu, la *Hedera helix* frunzele lobate sînt „nomofile din tinerețe“, iar cele întregi sînt „nomofile mature“.

În funcție de nivelul la care se inseră, nomofilele pot fi radicale și caulinare, prezentînd uneori deosebiri de formă și structură între ele. Analiza structurii limbului și pețiolului, de care ne vom ocupa mai departe, se referă tocmai la nomofile.

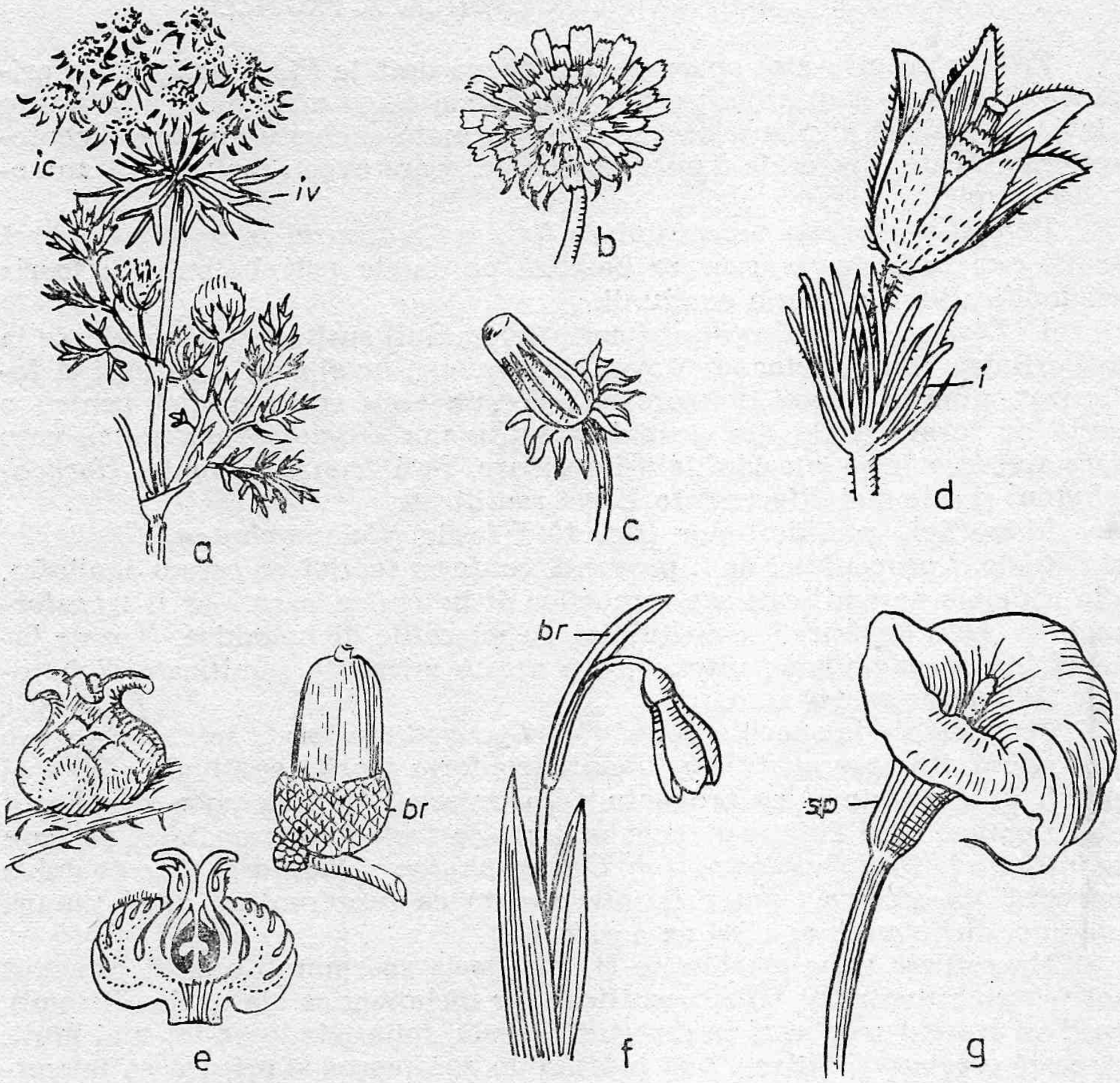


Fig. **158.** Hipsofile la *Daucus carota* (*a*), *Taraxacum officinale* (*b*, *c*), *Pulsatilla montana* (*d*), *Quercus pedunculata* (*e*), *Galanthus nivalis* (*f*) și *Calla aethiopica* (*g*) :
br — bractee; *i* — involucru (calicúl suplimentar); *ic* — involucel; *iv* — involucru; *sp* — sepală (după I. Grințescu).

4. Hipsofilele sau frunzele superioare sînt ultimele organe foliare formate pe tulpină la înflorirea plantei și sînt incomplet dezvoltate. În general apar numai la *Angiospermae* (fig. 158) și reprezintă în special organe de protecţie pentru floare sau inflorescenţă, făcînd — la rîndul lor — trecerea spre piesele ce compun periantul.

Drept hipsofile sînt considerate bracteele (în axilă cărora se formează flori sau inflorescenţe), elementele involucrului și ale involucelului *(Umbelliferae, Compositae)*, glumele și glumelele (*Gramineae*), spata care învelește inflorescenţa unor plante (*Araceae*), bractea care însoţește floarea de la *Galanthus nivalis*, elementele caliciului și ale caliculului (*Malva, Fragaria, Potentilla* — sclipeţi), bracteele ce formează cupa fructelor de la *Fagaceae (Quercus, Fagus, Castanea)* etc.

4.8.3. ORIGINEA FILOGENETICĂ A FRUNZEI

Frunza propriu-zisă apare pentru prima dată la *Pteridophyta*, iar originea ei trebuie căutată în grupul psilofitinelor (cu maximă dezvoltare în Devonian), adică al plantelor vasculare formate exclusiv din axe dichotomic ramificate, lipsite de frunze și rădăcini, care aveau o structură anatomică simplă.

Pentru explicarea procesului de formare a frunzei s-au emis două teorii mai importante (care se bazează pe datele paleobotanicii) : teoria cladodificațiunii și teoria enațiunii.

1. *Teoria cladodificațiunii* (teoria telomului) susține că frunzele de la majoritatea cormofitelor ar proveni din ramuri (axe) care s-au lățit și foliarizat, numite *telomi primordiali* ; aceștia erau caracteristici pentru o serie de forme fosile din grupul psilofitinelor (*Pseudosporochnus*), care face trecerea între pteridofitele inferioare, fără frunze (*Rhynia, Horneophyton*) și cele mai diferențiate, bogat ramificate.

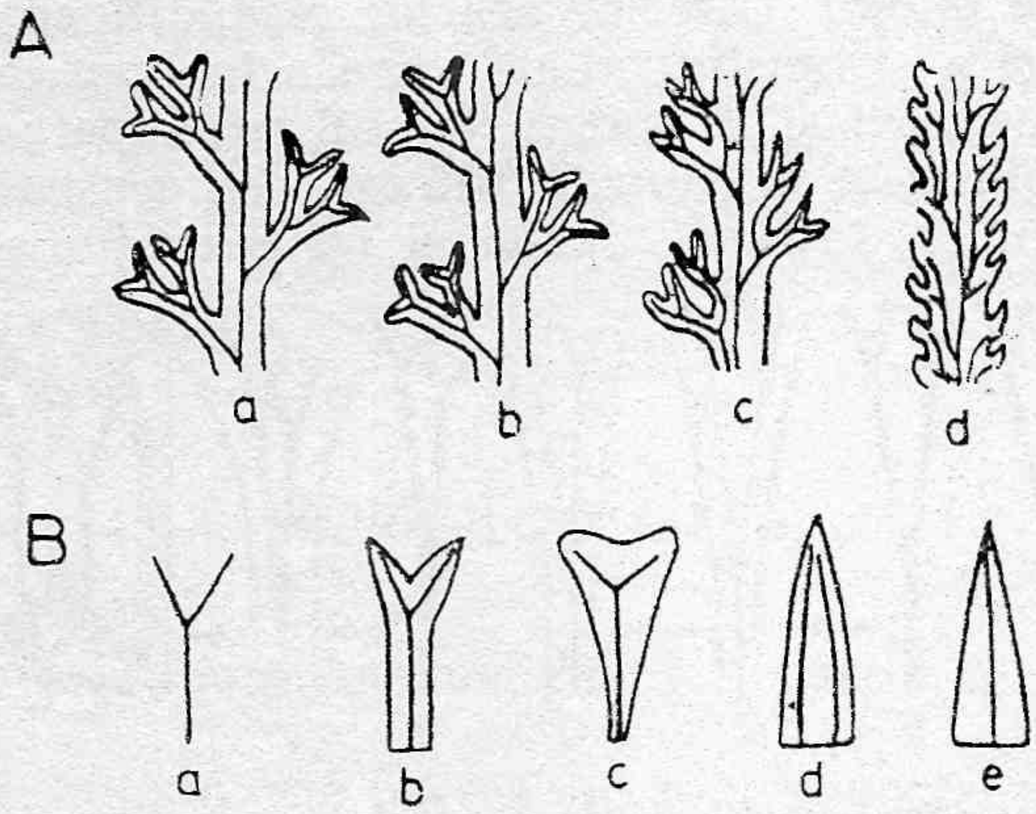
Microfilele pteridofitelor (fig. 159) fosile (*Calamophyton, Sigillaria*) și actuale (*Lycopodium*) ar fi provenit, conform teoriei pe care o analizăm, din capetele neramificate ale ramurilor dichotomice, care s-ar fi transformat — „prin depășire“ — în tulpini cu microfile dichotomice, așezate lateral (*Asterocalamites*) ; ulterior, din aceste microfile ramificate dichotomic au derivat cele simple.

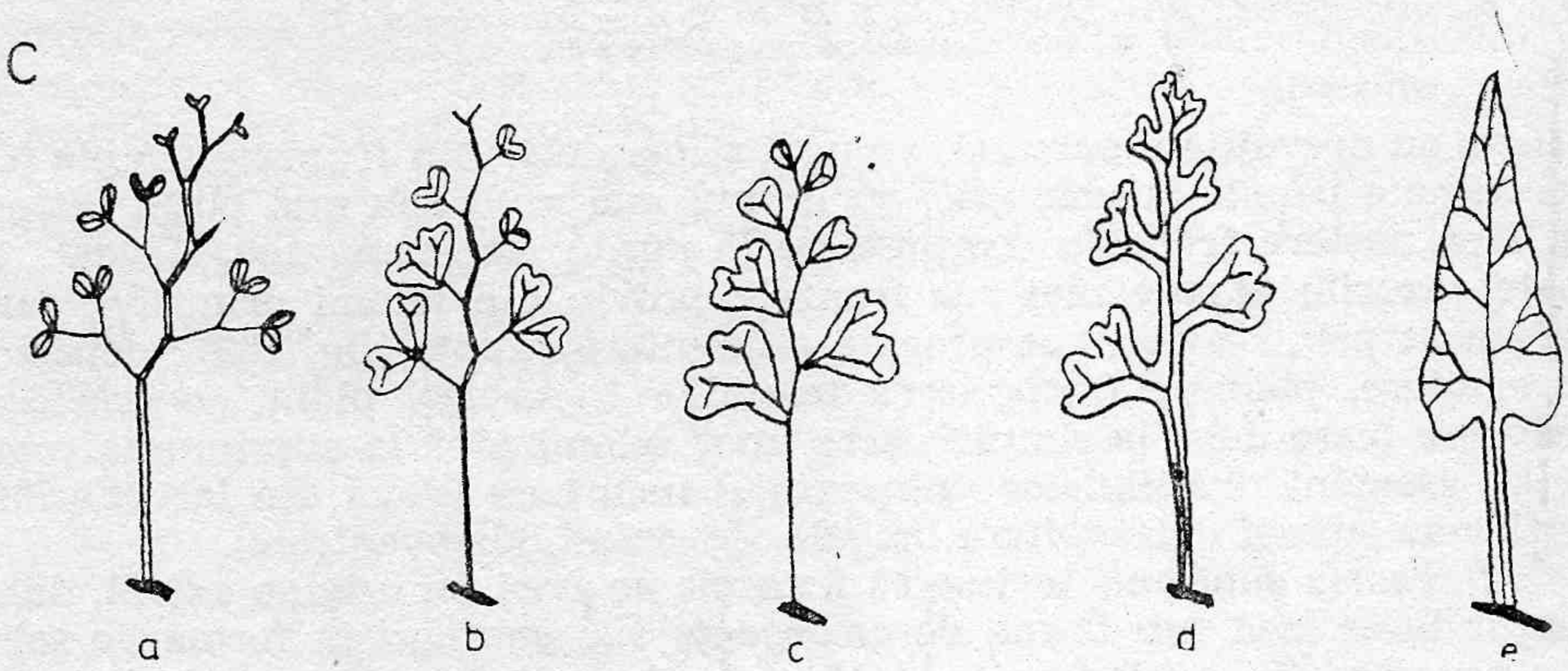
Frunzele de la speciile actuale de *Lycopodium* sînt interpretate ca provenind din emergențe ale tulpinii (conform teoriei enațiunii), dar mai pot fi interpretate și ca provenind din unirea și lățirea unor ramificații dichotomice, care au trecut prin mai multe forme intermediare, pe care le întîlnim la *Protolepidodendron, Calamophyton* și *Sigillaria* (la care dubla nervură din „frunză“ poate fi interpretată ca reprezentînd două ramuri ale unei dichotomii, al cărei ax a dispărut).

Macrofilele unor pteridofite și cele de la spermatofite ar fi provenit tot în urma turtirii și lățirii ramificațiilor dichotomice ale axelor (telomi), care au crescut treptat și în direcție laterală, foliarizîndu-se tot mai mult. Această creștere și lățire a fost însoțită de apropierea și orientarea telomilor în același plan și, în cele din urmă, a dus la o concreștere laterală parțială a sistemelor de ramificații lățite, prin foliarizarea telomilor într-un organ asemănător unei frunze. Așadar, formarea macrofilelor penate de la pteridofite, din mai mulți telomi, este legată de depășirea și de orientarea telomilor într-un plan, precum și de concreșterea laterală parțială a acestora.

Formarea „frunzei“ la pteridofite din telomi se poate urmări pornind de la ferigile foarte vechi (*Stauropteris*), la care „frunzele“ sînt axe ramificate mai mult sau mai puțin dichotomic. La ferigile mai evoluate se observă o foliarizare a ramificațiilor extreme, care se extinde apoi și la ramificațiile din etajul inferior, încît la *Zygopteridales* doar rahisul „frunzei“ mai este caulinar ; ulterior foliarizarea coboară pînă la baza frunzei, în timp ce ramificațiile foliarizate se măresc și mai mult, concrescînd între ele.

Poziția orizontală, mai avantajoasă pentru fotosinteză, a acestor organe asemănătoare frunzelor a determinat — în evoluția ulterioară a acestora — structura heterofacială (dorsoventrală) de la marea majoritate a plantelor.





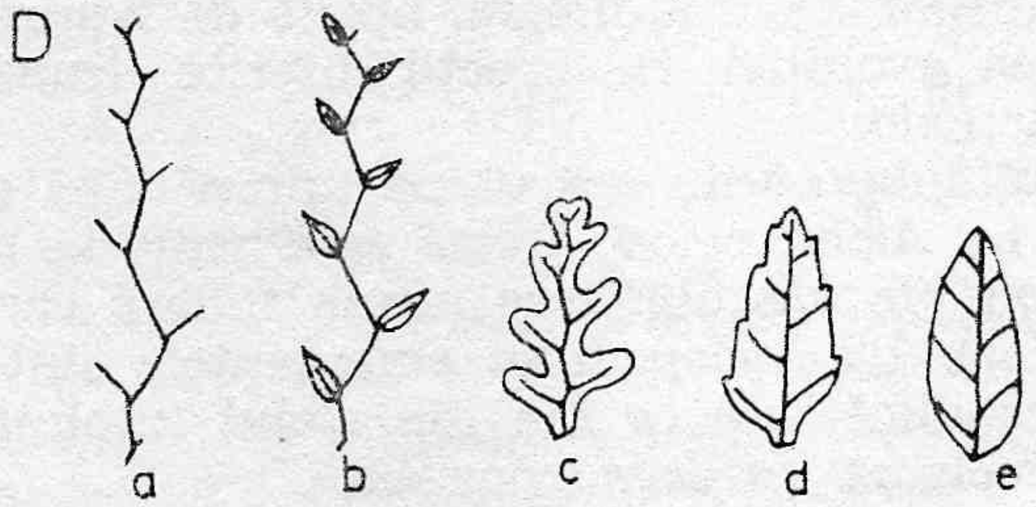


Fig. **159.** Filogenia frunzei :

A — transformarea frunzelor dichotomic-ramificate (*a*) în microfile simple (*d*); *B* — derivarea frunzei de *Lycopodium* (*e*) dintr-o axă dichotomic-ramificată (*a*); ramificație dichotomică lățită în formă de frunză (*b*); ramificație dichotomică foliarizată la *Calamophyton* (*c*); frunză de *Sigillaria* (*d*); *C* — derivarea unei frunze de la plantele superioare (*e*), pornind de la foliarizarea ramificațiilor extreme ale dichotomiei de tip *Stauropteris* evoluat (*a*); *D* — derivarea frunzelor de la plantele superioare (*d, e*) prin foliarizarea ramificațiilor simpodiale: *a* — „frunză" de *Psilophyton*; *b* — „frunză" de tip *Phyllophorales* (*Zygopteridales*); *c* — frunză de ferigă (după I. T. Tarnavschi și N. Mitroiu).

Frunzele de la spermatofite s-au format tot pe calea foliarizării ramificaţiilor sterile ale axei tulpinale. La *Pteridospermae* se mai întîlnesc încă sistemele de telomi. Ulterior are loc cladodificarea, atît a ramurilor dichotomice cît şi a celor simpodiale, care a început de la ramurile laterale, întinzîndu-se apoi şi în lungul axului principal ; segmentele foliare au crescut, ajungîndu-se la frunzele întregi. Din acest tip de frunză primitivă, cu limb simplu, întreg, stipelat şi cu nervaţiune penată, a derivat

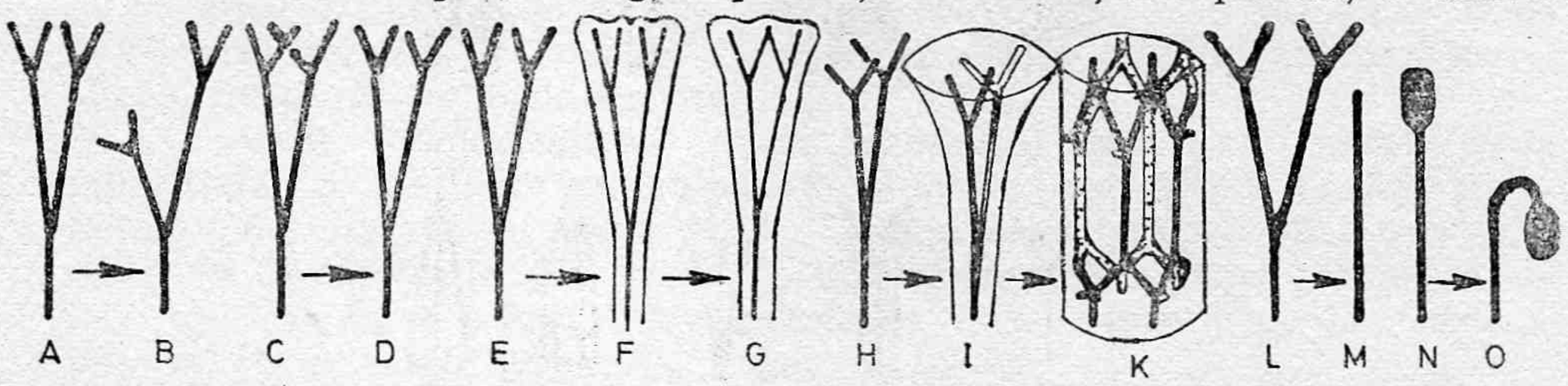


Fig. **160.** Prezentarea schematică a celor 5 procese elementare care, după teoria telomică, au dus la diferenţierea cormului :

A — supraculminarea; *B*, — planaţia; *C, D, G H, I, K* — concreşterea; *E, L, M* — reducerea; *F, N, O* — încurbarea (după S t r a s b u r g e r).

frunza cu nervaţiune palmată, arcuată şi paralelă. Din frunzele simple (cu nervaţiune penată şi palmată), cu limbul mai mult sau mai puţin întreg, au luat naştere frunzele compuse de la multe *Angiospermae*. Aşadar, în toate cazurile expuse mai sus frunzele provin din telomi primitivi, care au trecut printr-o serie de procese elementare simple (fig. 160) : depăşire în creştere, planaţie (dispunerea telomilor în acelaşi plan), concreştere, reducere (care duce la simplificarea unor telomi pînă la suprimarea completă, asemănător foliolelor uninerve) şi incurbare (două din laturile lăstarilor au suferit o dezvoltare inegală, devenind dorsoventrale).

2. *Teoria enaţiunii* susţine că frunzele ar avea tot origine axială, diferenţiindu-se însă sub formă de *emergenţe* sau *enaţiuni* în formă de solzi sau scvame, din axele lipsite de frunze ale psilofitinelor mai primitive.

Din organele vegetative ale psilofitinelor, reprezentate exclusiv prin axe simple sau dichotomic ramificate, lipsite de frunze (*Rhynia*) s-au diferenţiat pe calea evoluţiei, în direcţii diferite, frunzele celorlalte cormofite fosile şi actuale.

Astfel, la *Psilophyton* au apărut pe tulpini mici excrescenţe simple, nevascularizate. La *Asteroxylon*, aceste emergenţe se lăţesc uşor, prezentînd şi un început de vascularizare (urme foliare care pătrund doar la baza emergenţelor). La *Lycopodium* emergenţele sînt mai mari şi prezintă fascicule conducătoare ce vin din stelul tulpinii. La *Arthrostigma* vascularizarea afectează întreaga emergenţă.

Din aceste emergenţe solziforme, parţial sau total vascularizate, au evoluat cu timpul frunzele de tip licopodioid, întîlnite şi la reprezentanţii actuali ai licopodinelor sau pteridofitelor microfiliene *(Lycopodium, Selaginella, Equisetum).*

Din cele de mai sus rezultă că după ambele teorii frunza are origine caulinară, fapt dovedit la angiospermele actuale prin ramificaţiile laterale metamorfozate cu aspect de frunze asimilatoare (filocladiile de la diferite specii de *Ruscus* şi *Phyllanthus*).

Evoluţia frunzei mergînd pe două căi, s-a ajuns la pteridofitele microfiliene pe de o parte (tip de frunză cunoscut astăzi la *Lycopodium*) și la pteridofitele macrofiliene, imnosperme și angiosperme, pe de altă parte.

Posibilitatea derivării frunzei licopodinelor și din ramificaţii dichotomice (prin depășire în creștere și apoi cladodificare) sugerează ideea de a pune la baza evoluţiei frunzei, în dezvoltarea sa istorică, o singură cale de diferenţiere, din axa tulpinală (aşadar, în filogenia sa frunza ar fi urmat un drum monofiletic).

4.8.4. MORFOLOGIA FRUNZEI *

O frunză completă este formată din trei părţi : limb (lamină), peţiol și bază (teacă).

1. *Limbul* sau *lamina* este partea cea mai importantă și verde a frunzei. După alcătuirea limbului frunzele sînt de două categorii : simple și compuse. Frunzele simple sînt caracteristice monocotiledonatelor și multor dicotiledonate, iar cele compuse sînt frecvente la unele dicotiledonate. Cunoașterea morfologiei frunzelor are o importanţă deosebită pentru identificarea și clasificarea plantelor.

Pentru a caracteriza limbul frunzelor simple sau al foliolelor frunzelor compuse se au în vedere următoarele caractere : forma generală, baza, vîrful, marginea, nervaţiunea etc.

a) *Forma*. Toate formele derivă din trei, numite de bază : eliptică, ovală și circulară (fig. 161).

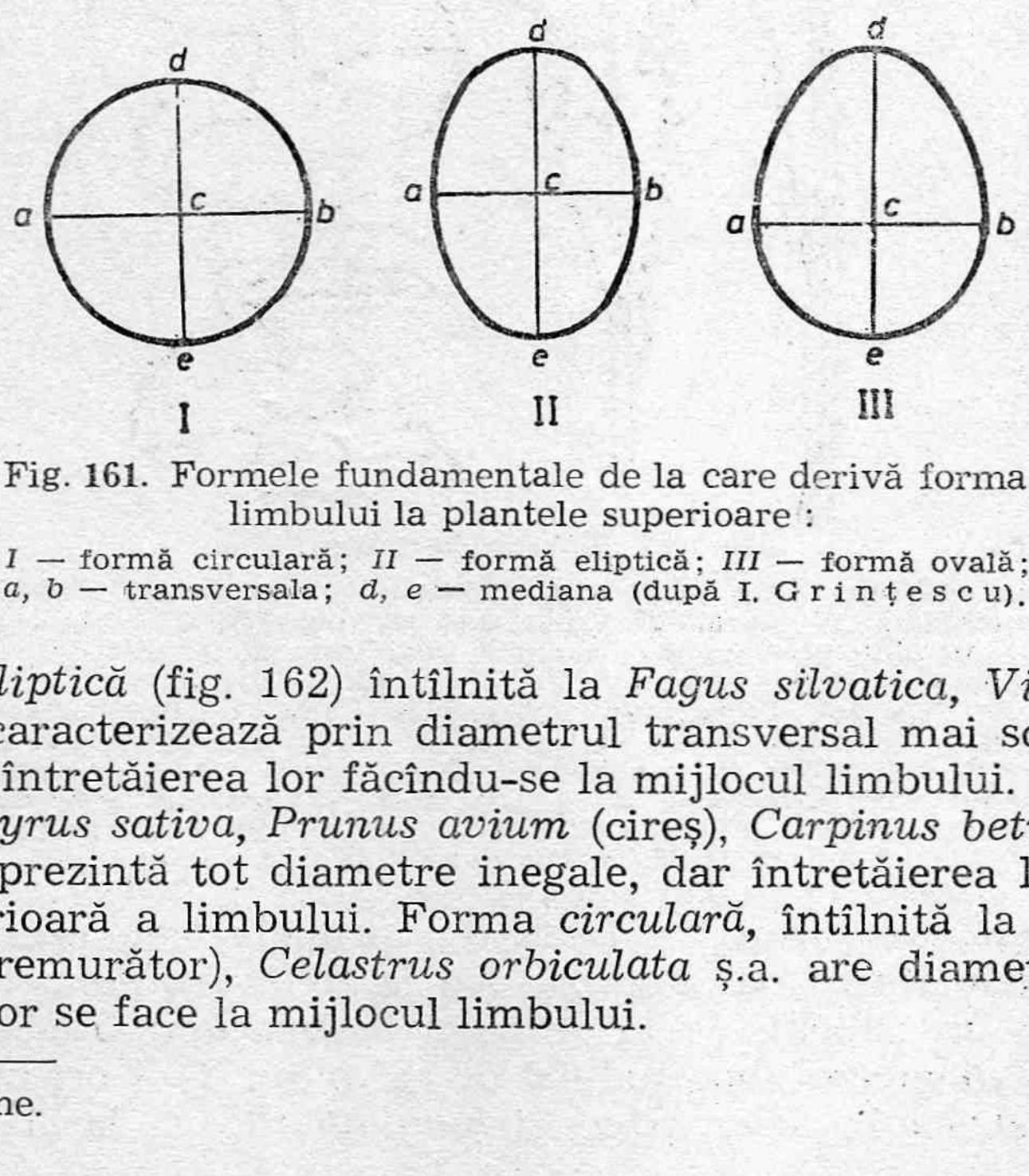


Fig. 161. Formele fundamentale de la care derivă forma limbului la plantele superioare :

I — formă circulară; *II* — formă eliptică; *III* — formă ovală; *a, b* — transversala; *d, e* — mediana (după I. G r i n ţ e s c u).

Forma *eliptică* (fig. 162) întîlnită la *Fagus silvatica, Viburnum lantana* ș.a. se caracterizează prin diametrul transversal mai scurt decît cel longitudinal, întretăierea lor făcîndu-se la mijlocul limbului. Forma *ovală*, întîlnită la *Pyrus sativa, Prunus avium* (cireș), *Carpinus betulus, Syringa vulgaris* ș.a. prezintă tot diametre inegale, dar întretăierea lor se face în treimea inferioară a limbului. Forma *circulară*, întîlnită la *Populus tremula* (plop tremurător), *Celastrus orbiculata* ș.a. are diametrele egale și întretăierea lor se face la mijlocul limbului.

---

* la angiosperme.

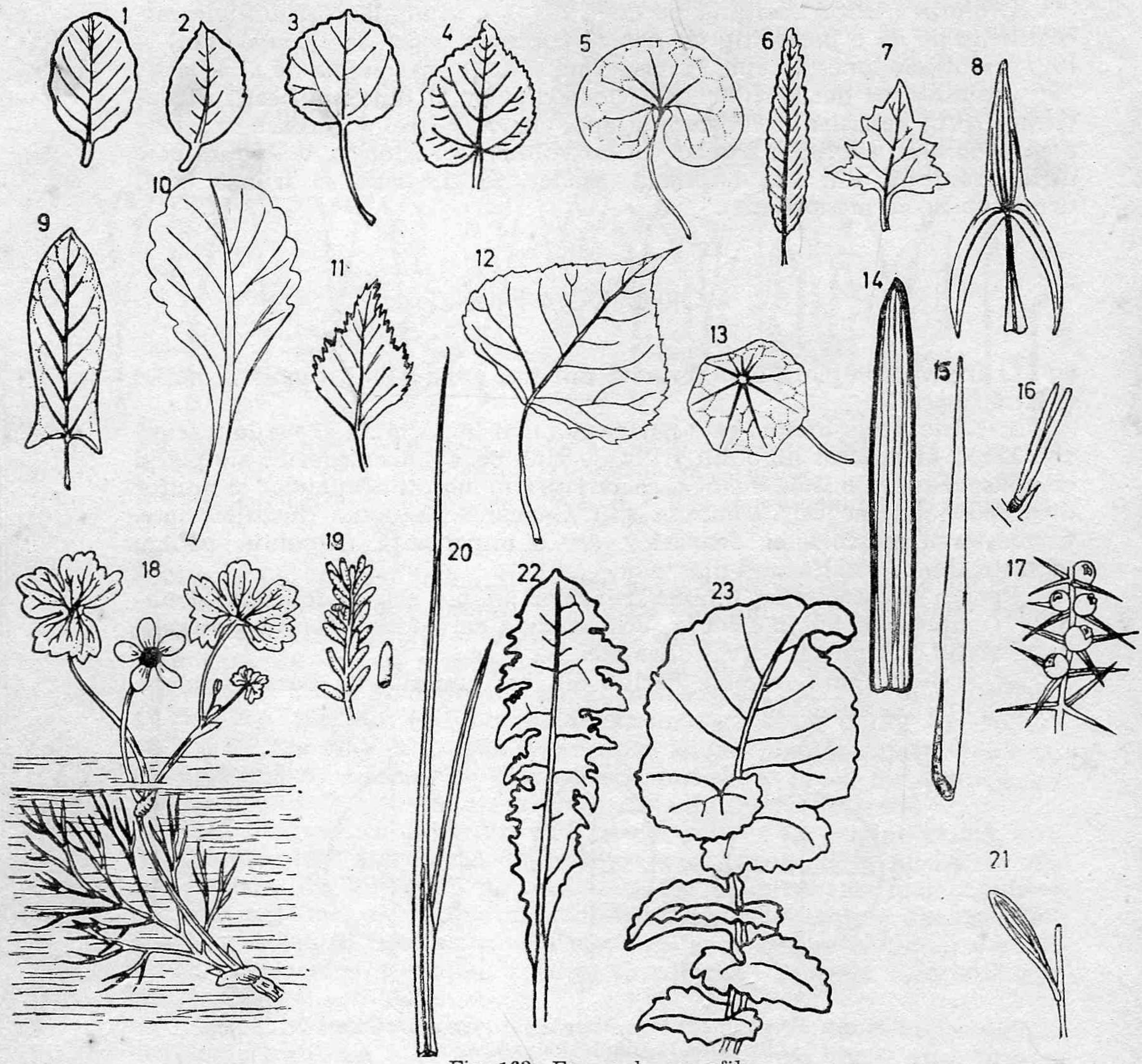


Fig. **162.** Forme de nomofile :
1 — eliptică (*Fagus silvatica*); *2* — ovală (*Pyrus sativa*); *3* — circulară (*Populus tremula*); *4* — cordiformă (*Tilia cordata*); *5* — reniformă (*Asarum europaeum*); *6* — lanceolată (*Salix alba*); *7* — triunghiulară (*Atriplex patula*); *8* — sagitată (*Sagittaria sagittifolia*); *9* — hastată (*Rumex acetosella*); *10* — spatulată (*Bellis perennis*); *11* — romboidală (*Betula verrucosa*); *12* — deltoidă (*Populus nigra*); *13* — peltată (*Tropaeolum majus*); *14* — liniară (*Gramineae*); *15* — ensiformă (*Iris germanica*); *16* — aciculară (*Pinus silvestris*); *17* — subulată (*Juniperus communis*); *18* — filiformă (*Ranunculus aquatilis*); *19* — cilindrică (*Sedum acre*); *20* — fistuloasă (*Allium cepa*); *21* — falcată (*Bupleurum falcatum*); *22* — runcinată (*Taraxacum officinale*); *23* — lirată (*Raphanus sativus*) (*1—4, 6, 7, 11, 15—19, 21—23* : după I. Grinţescu; *5, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 20* : după Guttenberg).

Dintre celelalte forme, derivate din primele trei, menţionăm : *cordiformă*, asemănătoare cu o inimă, ca la *Tilia cordata* (tei pădureţ); *reniformă*, ca un rinichi, ca la *Asarum europaeum*, *Glechoma* (silnic); *lanceolată*, cu diametrul longitudinal de cel puţin 3—4 ori mai lung decît cel transversal, ca la *Salix alba*; *triunghiulară*, ca la *Atriplex patula*

(lobodă) ; sagitată, ca la *Sagittaria sagittifolia* (săgeata apei) ; hastată, asemănătoare cu un vîrf de lance, ca la *Atriplex hastata, Convolvulus arvensis, Rumex acetosella* (măcriș mărunt) ; *spatulată,* ca la *Bellis perennis ; romboidală,* ca la *Betula verrucosa ; deltoidă,* asemănătoare literei grecești delta, ca la *Populus nigra* (plop negru) ; *peltată,* ca un scut mai mult sau mai puțin circular, din centrul căruia pornește pețiolul, ca la *Tropaeolum majus ; liniară,* ca la *Gramineae ; ensiformă,* asemănătoare cu o sabie, ca la *Iris germanica ; aciculară,* ca la *Pinus, Abies, Picea, Larix, Taxus* (tisa) ; *subulată,* adică scurtă, rigidă, îngustă și ascuțită, ca la *Juniperus communis ; filiformă,* ca la frunzele submerse de *Ranunculus aquatilis* (piciorul cocoșului, de apă), *Myriophyllum* (penița apei), *Ceratophyllum* (cosorul bălților) ; *cilindrică,* ca la *Sedum, Suaeda, Kleinia ; fistuloasă,* adică cilindrică și goală înăuntru, ca la *Allium cepa ; falcată,* asemănătoare cu o coasă, ca la *Bupleurum falcatum* (urechea iepurelui) ; *runcinată,* avînd lobi ascuțiți, inegali, îndreptați spre bază, ca la *Taraxacum officinale ; lirată,* cu lobul terminal foarte mare, ca la *Raphanus sativus.*

b) *Baza* poate fi (fig. 163) : *rotundă,* ca la *Pyrus sativa ; cordată,* ca la *Tilia cordata ; sagitată,* ca la *Sagittaria sagittifolia ; hastată,* ca la *Convolvulus arvensis ; reniformă,* ca la *Asarum europaeum ; cuneată,* ca la *Bellis perennis, Saxifraga cuneifolia ; acută,* ca la *Salix alba ; asimetrică,*

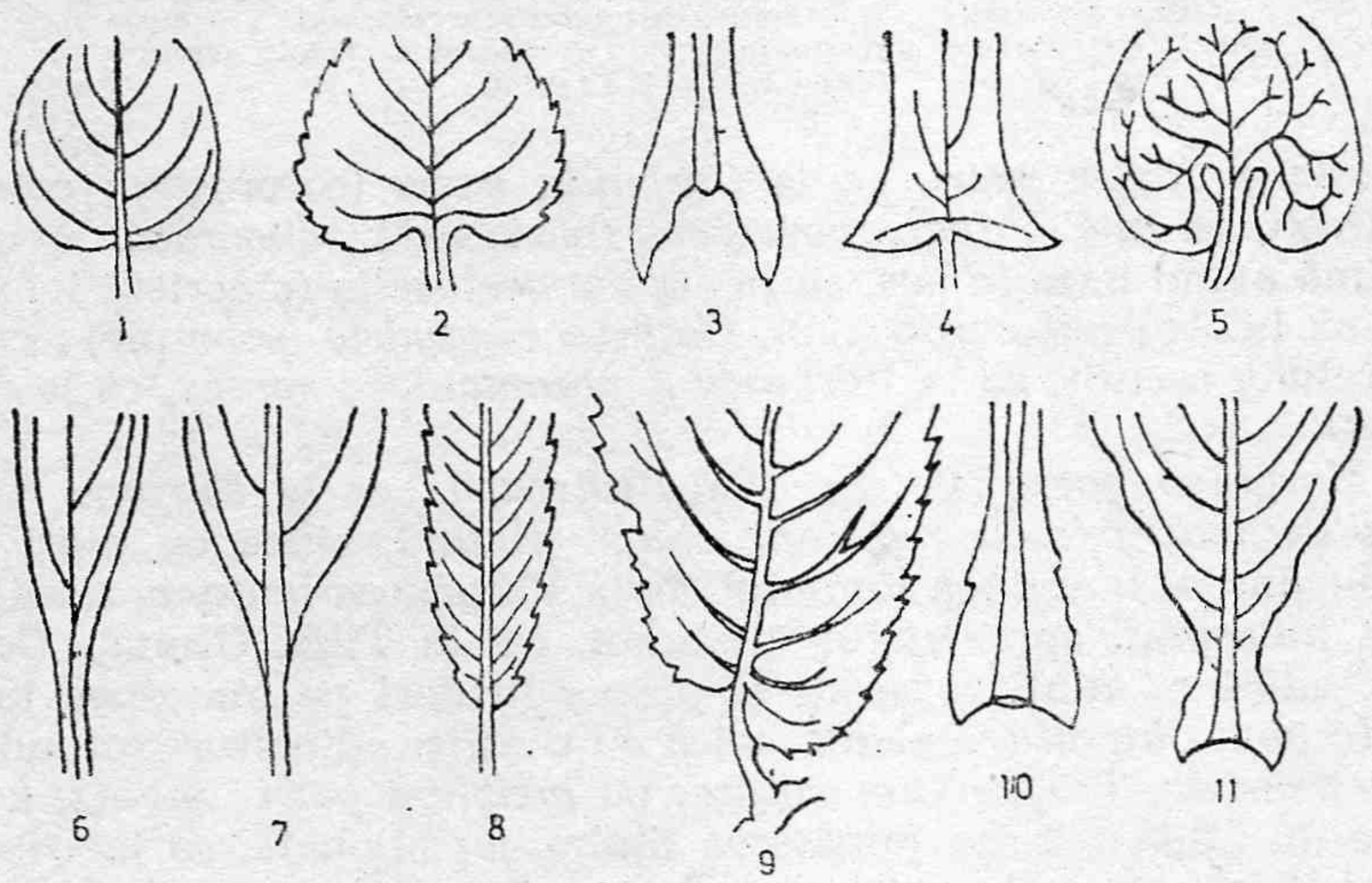


Fig. **163.** Diferite forme ale bazei nomofilelor :

1 — rotundă (*Pyrus sativa*) ; *2* — cordată (*Viola odorata*) ; *3* — sagitată (*Isatis tinctoria*) ; *4* — hastată (*Rumex acetosella*) ; *5* — reniformă (*Asarum europaeum*) ; *6* — cuneată (*Bellis perennis*) ; *7* — atenuată (*Viola persicifolia*) ; *8* — ascuțită (acută) (*Salix alba*) ; *9* — asimetrică (*Ulmus campestris*) ; *10* — dilatată (*Sonchus oleraceus*) ; *11* — auriculată (*Nicotiana tabacum*) (după I. Grințescu).

ca la *Ulmus campestris ; dilatată,* ca la *Sonchus oleraceus* (susai) ; *auriculată,* ca la *Nicotiana tabacum.*

c) *Vîrful* poate fi (fig. 164) : *acut,* adică lent ascuțit, ca la *Salix alba ; acuminat,* adică brusc ascuțit, lung și subțire, ca la *Syringa vulgaris ; obtuz,* ca la *Viscum album ; trunchiat* și *mucronat,* adică terminat cu un

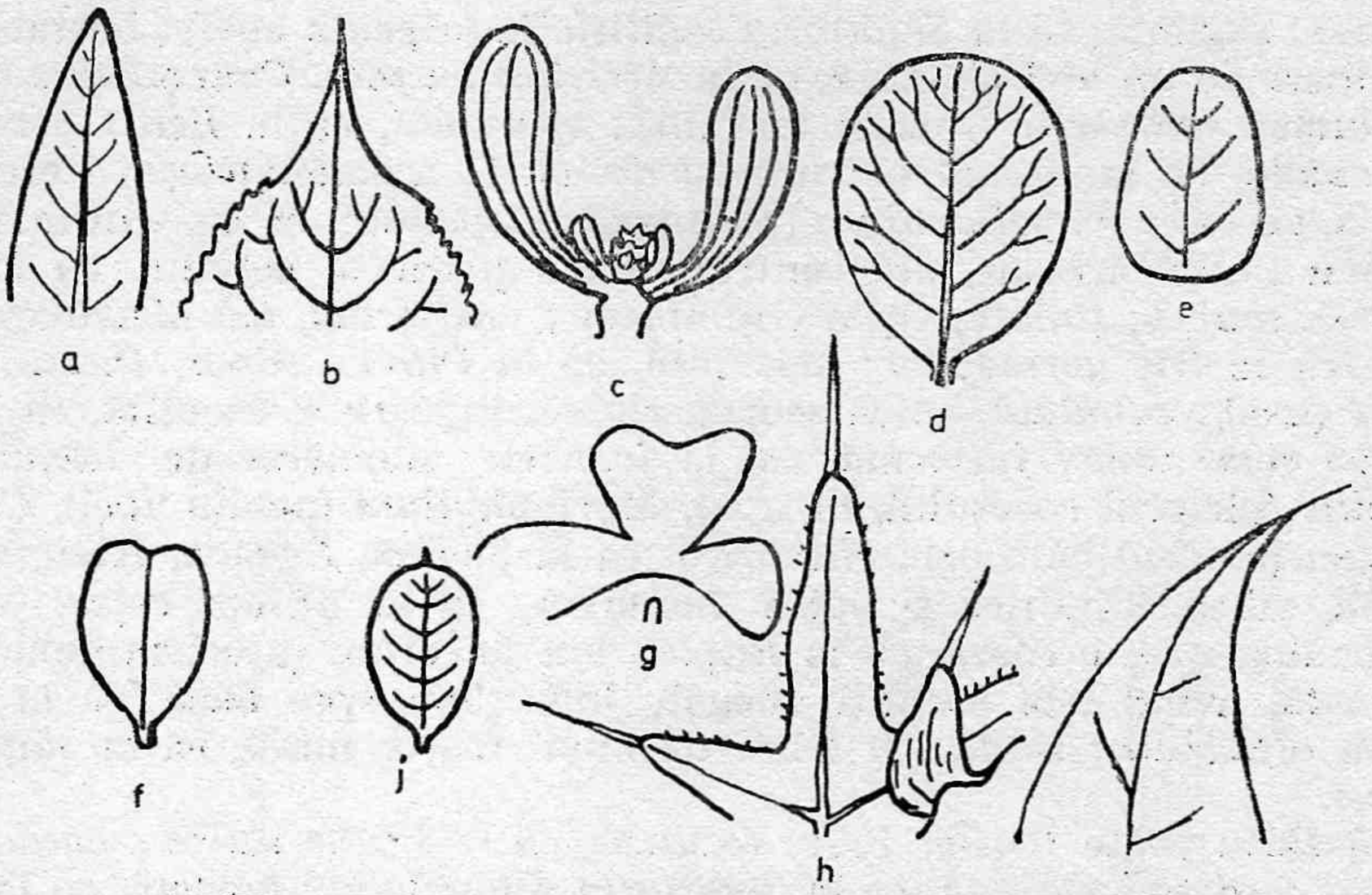


Fig. **164.** Diferite forme ale vîrfului la nomofile :

a — acut (*Salix alba*) ; *b* — acuminat (*Prunus padus*) ; *c* — obtuz (*Viscum album*) ; *d* — rotund (*Cotinus coggygria*) ; *e* — retezat (*Coronilla varia*) ; *f* — emarginat (*Colutea arborescens*) ; *g* — obcordat (*Oxalis acetosella*) ; *h* — spinos (*Cirsium lanceolatum*) ; *i* — cuspidat (*Verbascum phlomoides*) ; *j* — mucronat (*Vicia sepium*) (după I. Grinţescu).

spin moale și foarte scurt, ca la *Coronilla varia* (coroniște) ; *emarginat*, adică știrbit, ca la *Colutea arborescens* (băşicoasă) ; *obcordat*, asemănător cu o inimă avînd baza în sus, ca la *Oxalis acetosella* (măcrișul iepurelui) ; *rotund*, ca la *Asarum europaeum*, *Cotinus coggygria* (scumpie) ; *cuspidat*, adică prelung ascuţit, ca la *Verbascum phlomoides* ; *spinos*, ca la *Cirsium lanceolatum*.

d) *Marginea* poate fi (fig. 165) : *întreagă*, ca la *Syringa vulgaris*, *Asarum europaeum* ; cu *inciziuni mici* : *dințată*, adică cu dinţi dispuși perpendicular pe marginea limbului, ca la *Viburnum lantana*, *serată*, adică cu dinţi îndreptaţi spre vîrful limbului, ca la *Tilia*, *Ulmus*, *Carpinus*, *crenată*, adică cu dinţi rotunjiţi și perpendiculari pe marginea limbului, ca la *Glechoma hirsuta*, *sinuată*, adică cu dinţi și adînciturі rotunde, ca la *Populus tremula*, *Tropaeolum majus* ; cu *inciziuni mari* : *lobată*, adică inciziunile nu ating 1/2 din jumătatea limbului : bilobată, ca la *Ginkgo biloba*, penat-lobată, ca la *Quercus robur*, palmat-lobată, ca la *Acer platanoides*, *Vitis vinifera*, *Hedera helix* ; *fidată*, adică inciziunile ating 1/2 din jumătatea limbului : penat-fidată, ca la *Sorbus torminalis* (scoruș), palmat-fidată, ca la *Ricinus communis* ; *partită*, adică inciziunile depășesc 1/2 din jumătatea limbului : penat-partită, ca la *Capsella bursa pastoris*, palmat-partită, ca la *Ranunculus acer* ; *sectată*, adică inciziunile ating chiar nervura mediană : penat-sectată, ca la *Valeriana officinalis* (odolean), palmat-sectată, ca la *Cannabis sativa*.

Dintre frunze cu margine particulară, amintim pe cele runcinate, de la *Taraxacum officinale* și pe cele lirate, de la *Raphanus sativus*.

e) *Nervaţiunea* (fig. 166), adică felul cum sînt dispuse nervurile, poate fi : *dichotomică*, ca la *Ginkgo biloba* ; *arcuată*, ca la *Convallaria majalis*,

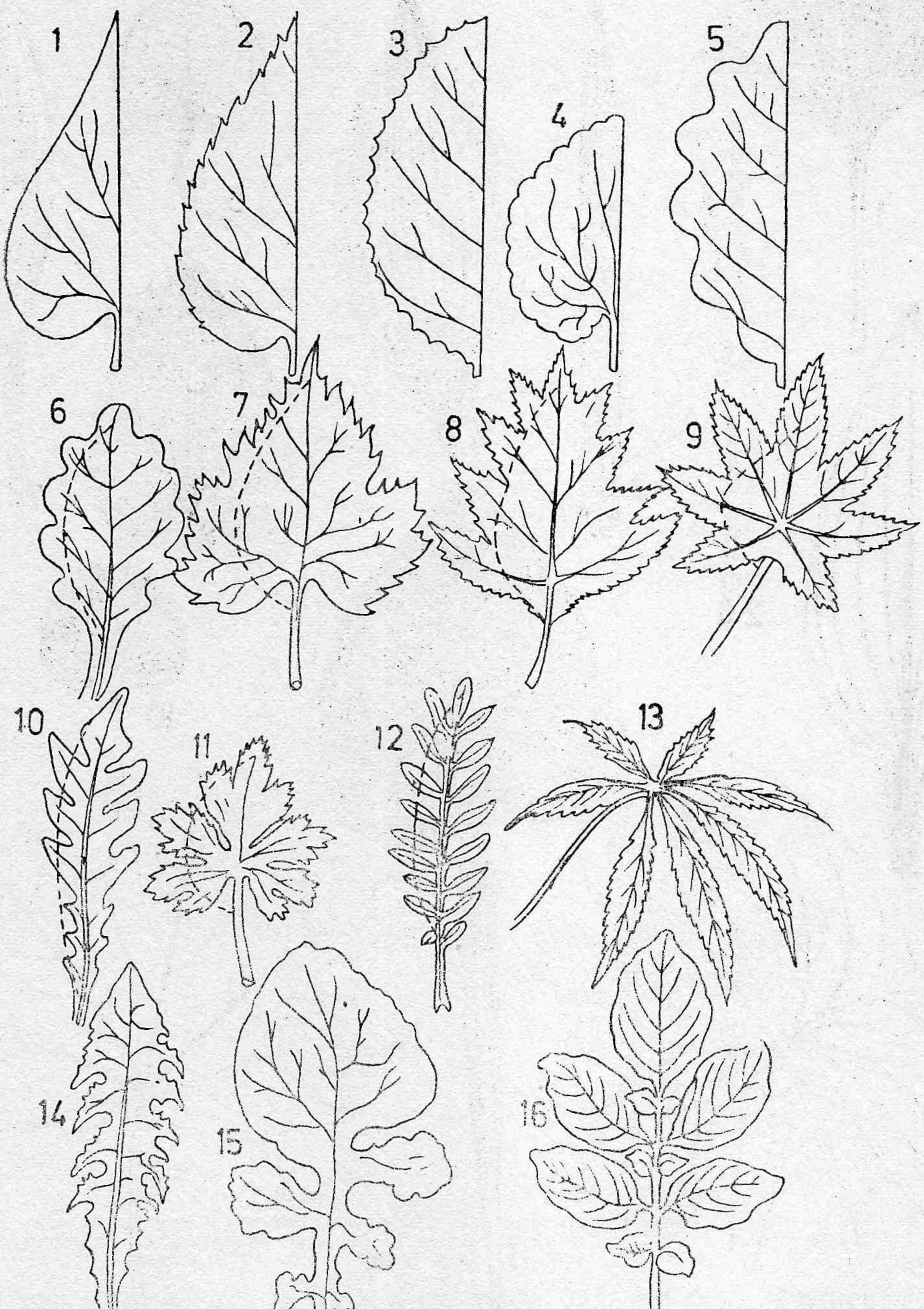


Fig. 165. Diferite forme reprezentînd marginea nomofilelor :

1 — întreagă (*Syringa vulgaris*) ; *2* — serată (*Tilia cordata*) ; *3* — dințată (*Viburnum lantana*) ; *4* — crenată (*Glechoma hirsuta*) ; *5* — sinuată (*Quercus petraea*) ; *6* — frunză penat lobată (*Quercus robur*) ; *7* — frunză palmat-lobată (*Vitis vinifera*) ; *8* — frunză penat-fidată (*Sorbus torminalis*) ; *9* — frunză palmat-fidată (*Ricinus communis*) ; *10* — frunză penat partită (*Capsella bursa pastoris*) ; *11* — frunză palmat-partită (*Ranunculus acer*) ; *12* — frunză penat-sectată (*Valeriana officinalis*) ; *13* — frunză palmat-sectată (*Cannabis sativa*) ; *14* — frunză runcinată (*Taraxacum officinale*) ; *15* — frunză lirată (*Raphanus sativus*) ; *16* — frunză întrerupt-penat-sectată (*Solanum tuberosum*) (după M. Răvăruț și E. Turenschi).

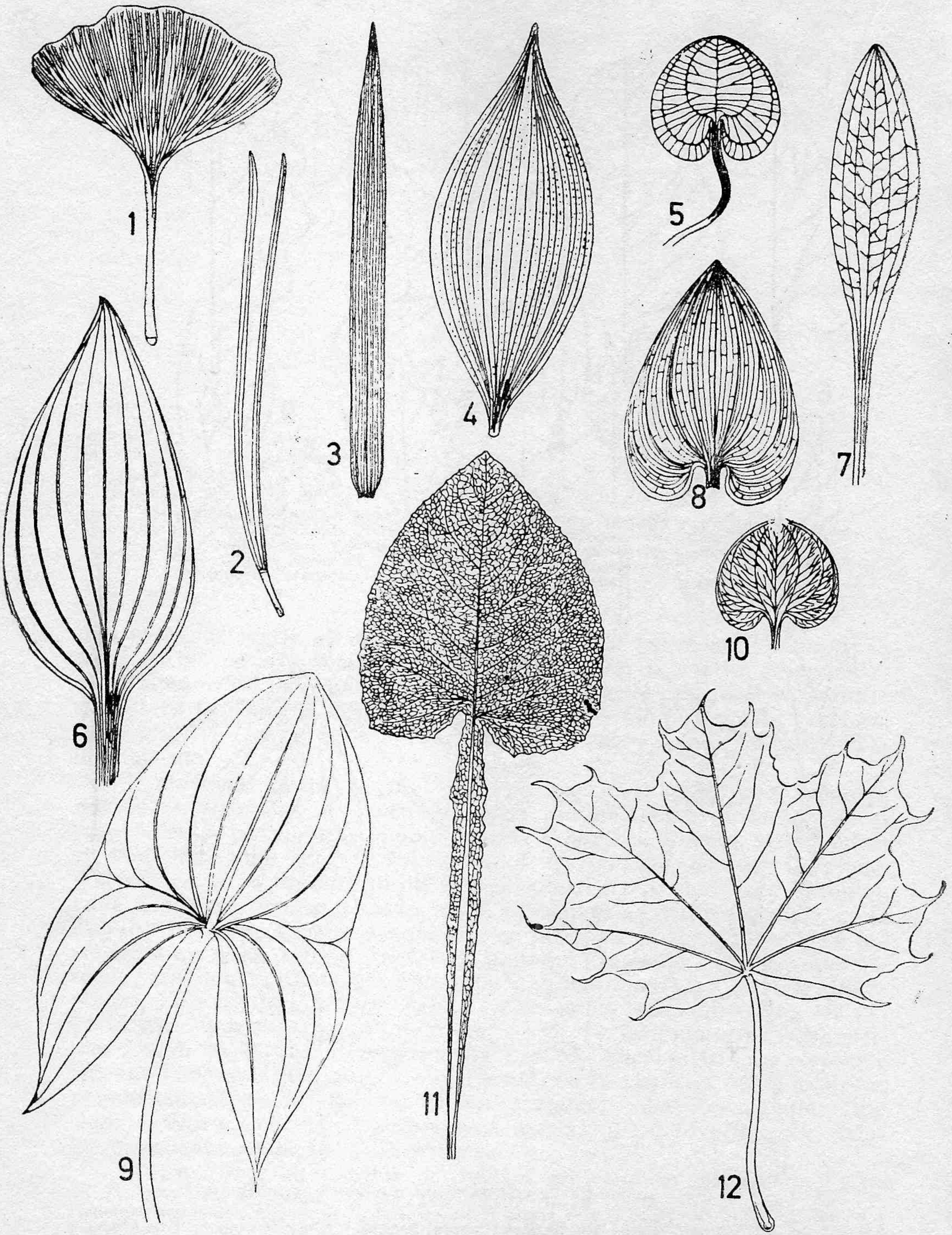


Fig. 166. Tipuri de nervațiune :

1 — dichotomică (*Ginkgo biloba*) ; *2* — uninervă (*Pinus silvestris*) ; *3* — paralelă (*Oryza sativa*) ; *4—10* — arcuată (*Convallaria majalis, Hidrocharis morsus-ranae, Hosta coerulea, Bupleurum falcatum, Majanthemum bifolium, Sagittaria sagittifolia, Parnasia palustris*) ; *11* — reticulat-penată (*Mulgedium macrophyllum*) ; *12* — reticulat-palmată (*Acer platanoides*) (după I. T. Tarnavschi și colab.).

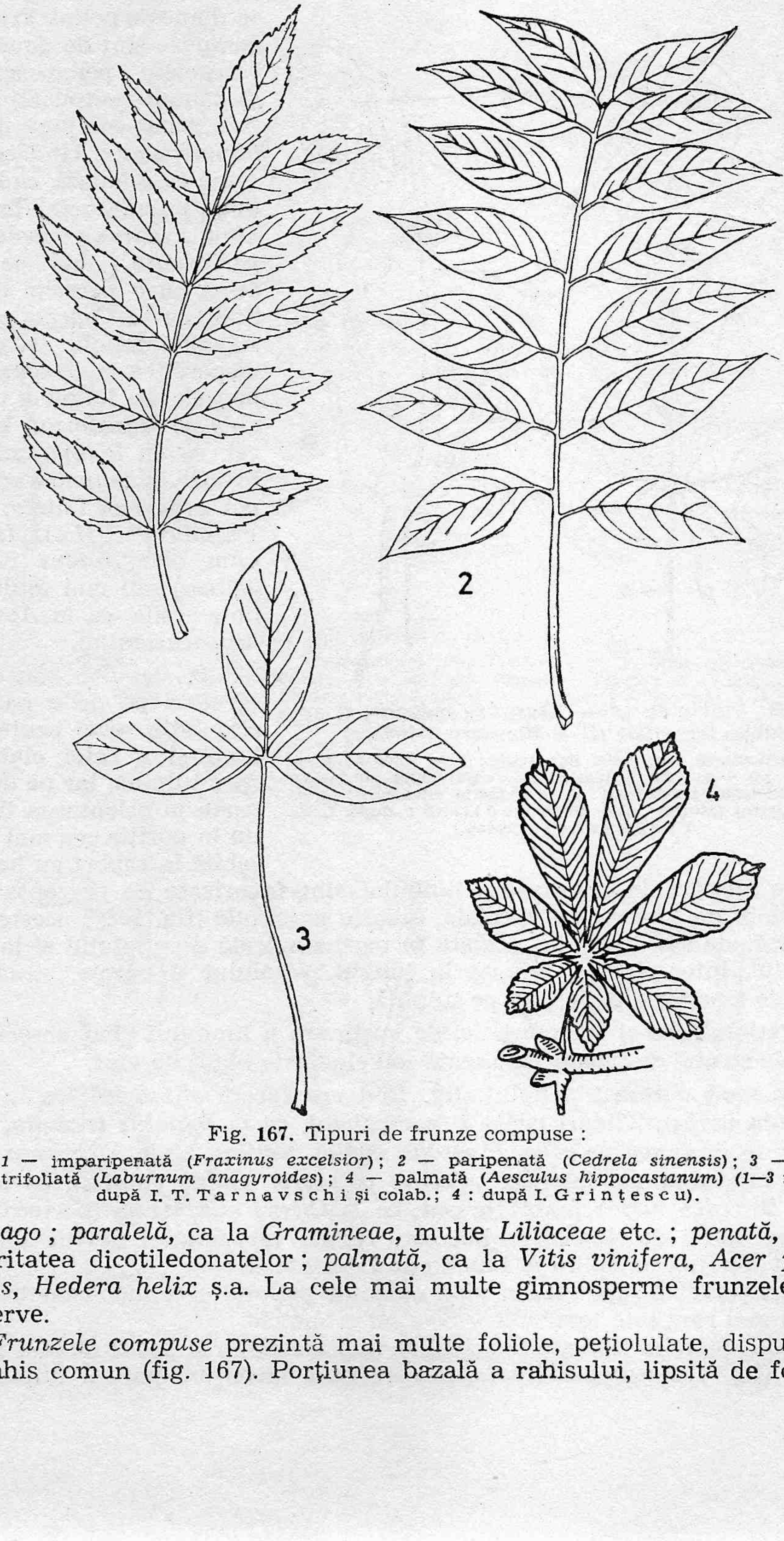


Fig. **167.** Tipuri de frunze compuse :

1 — imparipenată (*Fraxinus excelsior*); *2* — paripenată (*Cedrela sinensis*); *3* — trifoliată (*Laburnum anagyroides*); *4* — palmată (*Aesculus hippocastanum*) (*1—3* : după I. T. Tarnavschi şi colab.; *4* : după I. Grinţescu).

Plantago; *paralelă*, ca la *Gramineae*, multe *Liliaceae* etc.; *penată*, ca la majoritatea dicotiledonatelor; *palmată*, ca la *Vitis vinifera*, *Acer platanoides*, *Hedera helix* ş.a. La cele mai multe gimnosperme frunzele sînt uninerve.

Frunzele compuse prezintă mai multe foliole, peţiolulate, dispuse pe un rahis comun (fig. 167). Porţiunea bazală a rahisului, lipsită de foliole,

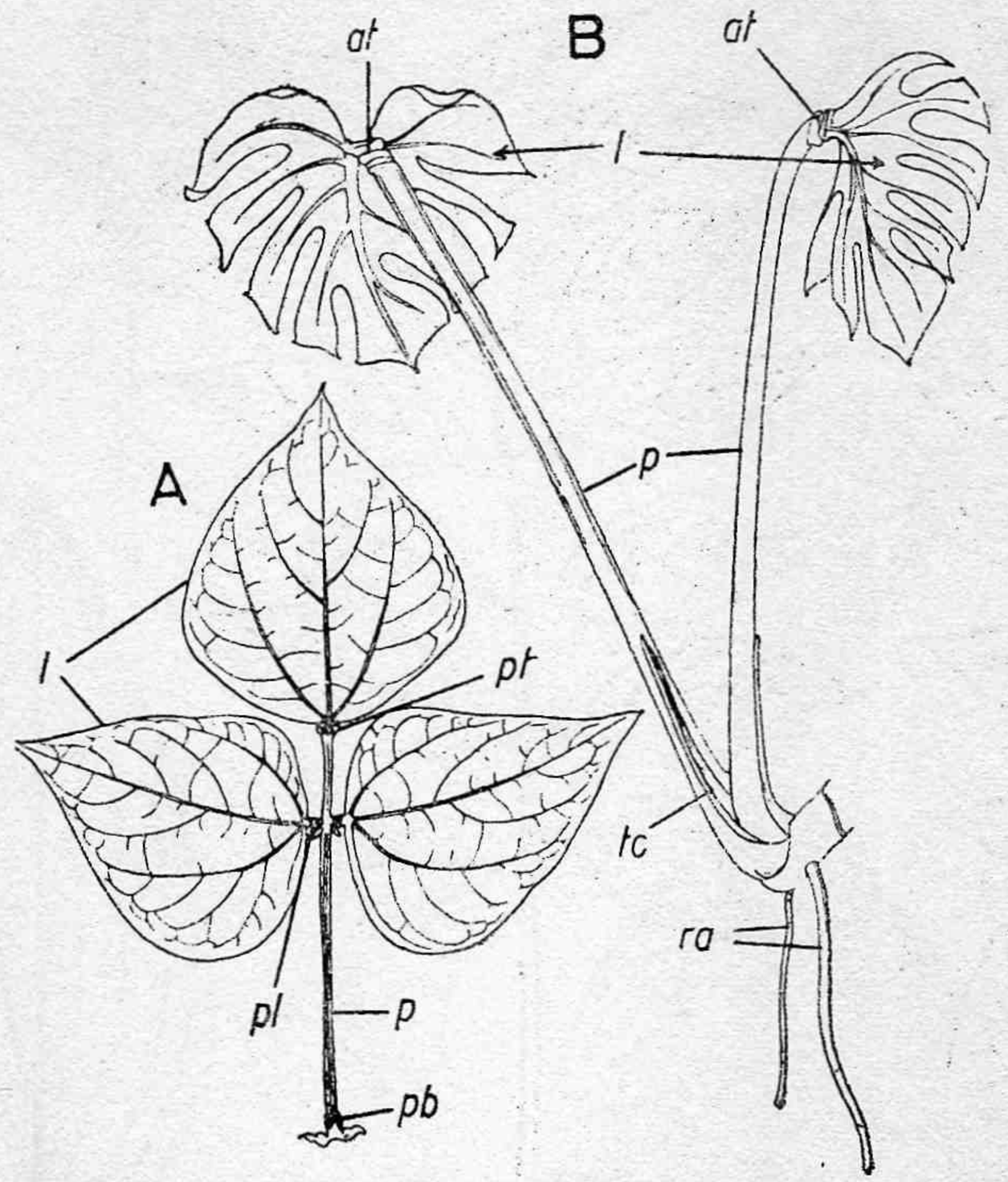


Fig. **168.** Pulvinule (*A* — *Phaseolus vulgaris*) și articulație terminală (*B* — *Monstera deliciosa*) :

at — articulație terminală (laminală); *l* — lamină; *p* — peţiol; *pb* — pulvinulă bazală; *pl* — pulvinulă laminală; *pt* — pulvinulă terminală; *ra* — rădăcini adventive; *tc* — teaca (baza) frunzei (*A* : după Troll; *B* : după I. T. Tarnavschi și colab.).

se numește peţiol. Frunzele compuse sînt de două mari categorii : penat-compuse și palmat-compuse. Frunzele *penat-compuse* pot fi : *imparipenate*, cînd se termină cu o foliolă, ca la ***Robinia pseudacacia, Rosa canina, Fraxinus excelsior*** și *paripenate*, cînd se termină cu o pereche de foliole, ca la *Cedrela sinensis*, cînd foliola terminală dispare, ca la *Arachys hypogaea* sau foliolele terminale se transformă în cîrcei, ca la ***Pisum sativum***. Frunzele *palmat-compuse* pot avea trei foliole, ca la *Trifolium* (trifoi), *Laburnum anagyroides* (salcîm galben) sau mai multe foliole sesile, ca la *Aesculus hippocastanum*.

2. *Peţiolul* sau codiţa servește pe de o parte la circulaţia sevei brute spre limb și a celei elaborate spre tulpină, iar pe de altă parte la orientarea limbului în poziţia cea mai favorabilă în raport cu lumina. Aceste mișcări de orientare a limbului sînt favorizate de prezenţa unor articulaţii de o structură specială, numite *pulvinule* (fig. 168) ; acestea pot fi terminale sau laminale, situate în partea apicală a peţiolului și la baza limbului, intermediare, situate în lungul peţiolului și bazale, situate la locul de inserţie a peţiolului pe tulpină.

Peţiolul are și rol mecanic, de susţinere a limbului cînd acesta este lovit de stropii de ploaie, de gheaţă sau cînd este bătut de vînt.

În mod obișnuit peţiolul (fig. 169) are formă *cilindrică*, ca la *Tropaeolum majus*. Alteori poate fi *comprimat*, ca la *Populus tremula*, *dilatat*, ca la *Ranunculus acer*, *Plantago media*, *umflat*, ca la *Eichornia crassipes*, *Trapa natans* (cornaci), *Caltha palustris* (calcea calului), *auriculat*, ca la *Brassica napus* (napi), *aripat*, ca la *Citrus aurantium* (portocal). La diferite specii de *Acacia* limbul este redus, iar peţiolul devine foliaceu (numit *filodiu*), îndeplinind funcţia de fotosinteză.

Cît privește simetria, în mod obișnuit peţiolul este monosimetric ; în cazuri mai rare este torsionat, devenind asimetric.

Cînd peţiolul lipsește frunzele se numesc *sesile* și pot fi de mai multe feluri (fig. 170) : *amplexicaule*, la care baza înconjură parţial tulpina, ca

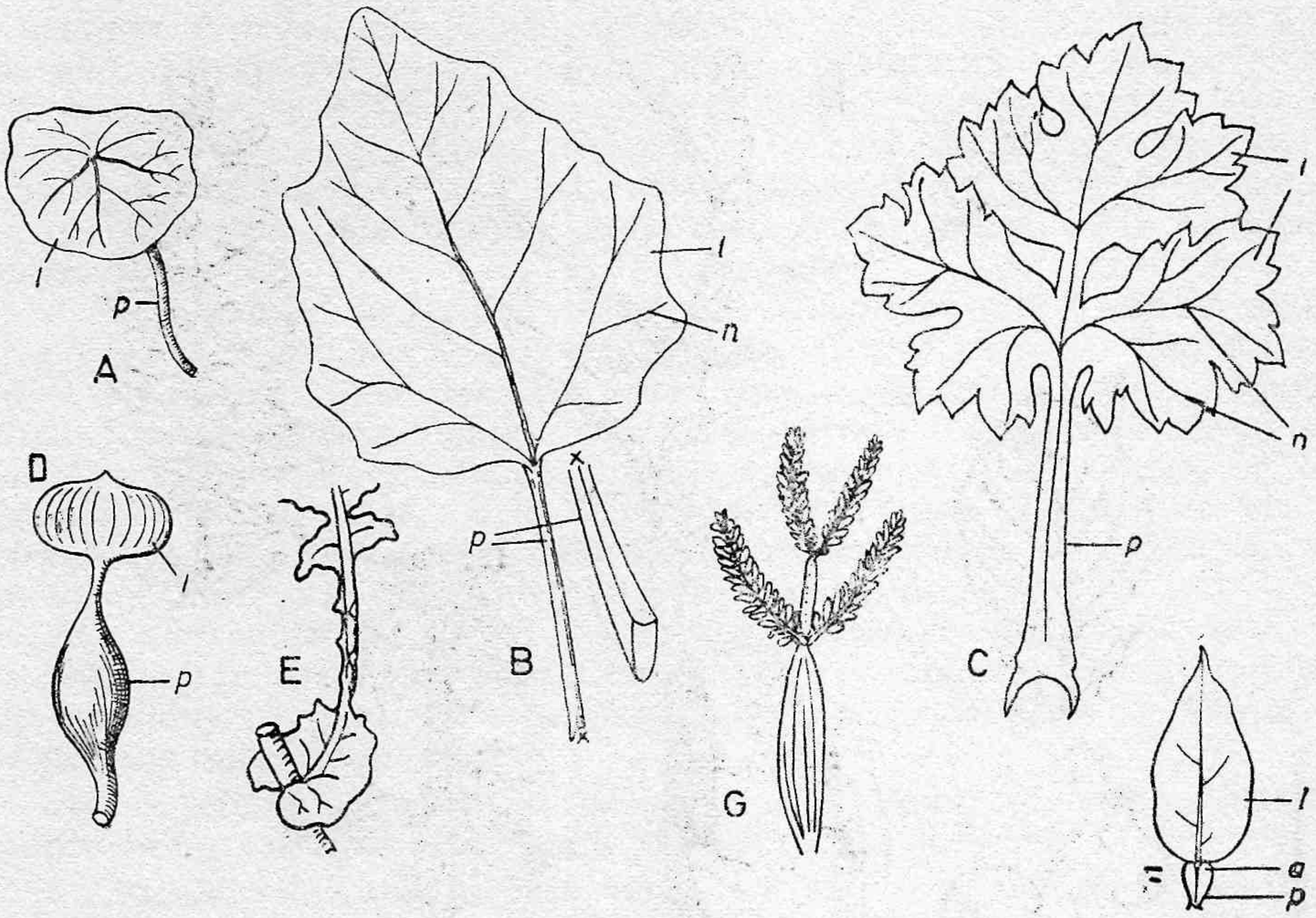


Fig. **169.** Forme de peţiol :

A — cilindric (*Tropaeolum majus*); *B* — comprimat (*Populus tremula*); *C* — *dilatat* (*Ranunculus* ***acer***); *D* — umflat (*Eichornia crassipes*); *E* — auriculat (*Brassica napus*); *F* — aripat (*Citrus* ***aurantium***); *G* — foliaceu (filodiu) (*Acacia melanoxylon*); *a* — aripă; *l* — lamină; *n* — nervuri; *p* — peţiol (după I. G r i n ţ e s c u).

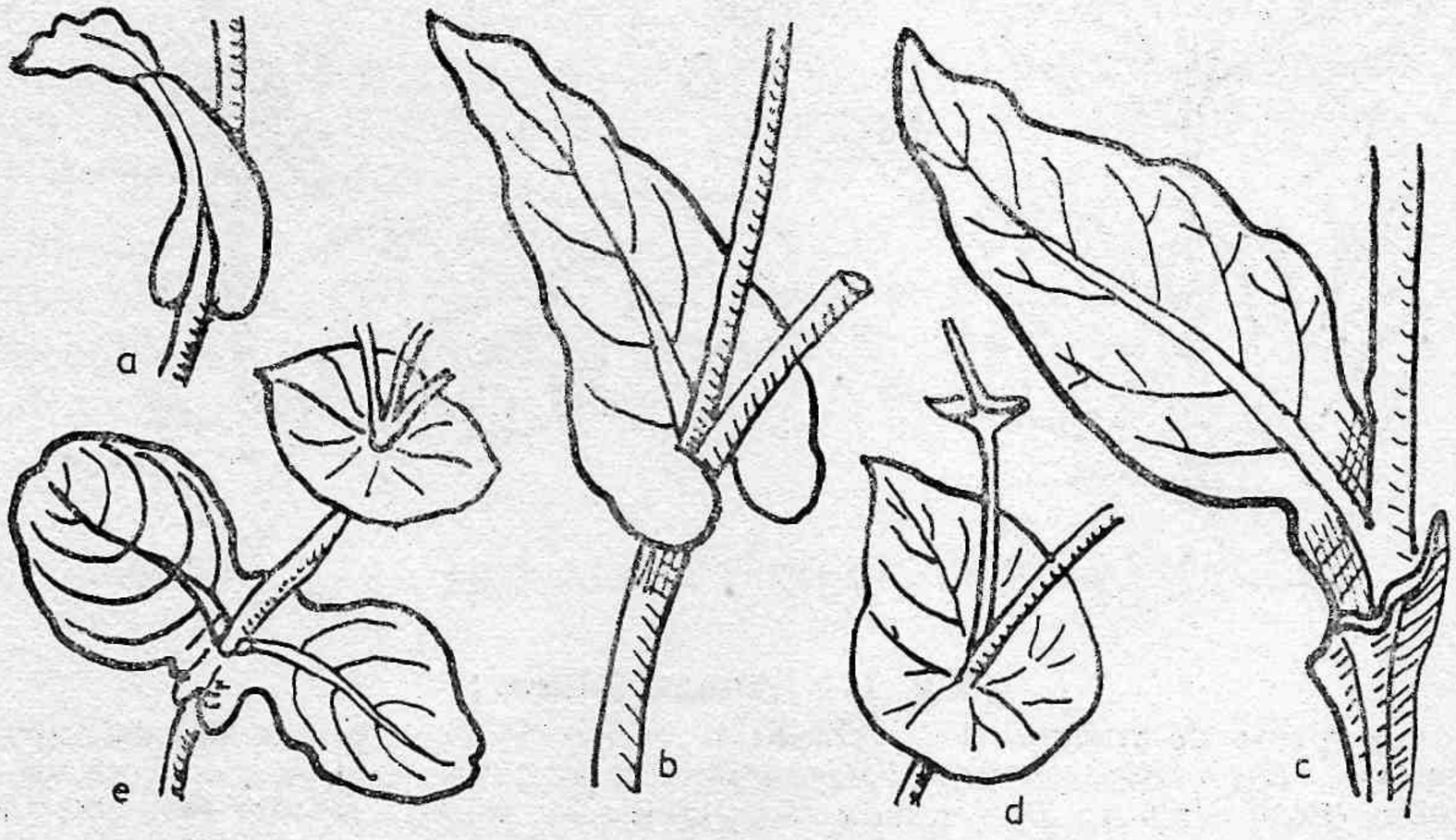


Fig. **170.** Tipuri de frunze sesile :

a — auriculată (*Capsella bursa pastoris*); *b* — amplexicaulă (*Brassica napus*); *c* — decurentă (*Verbascum thapsiforme*); *d* — perfoliată (*Bupleurum rotundifolium*); *e* — conată (*Lonicera caprifolium*) (după I. G r i n ţ e s c u).

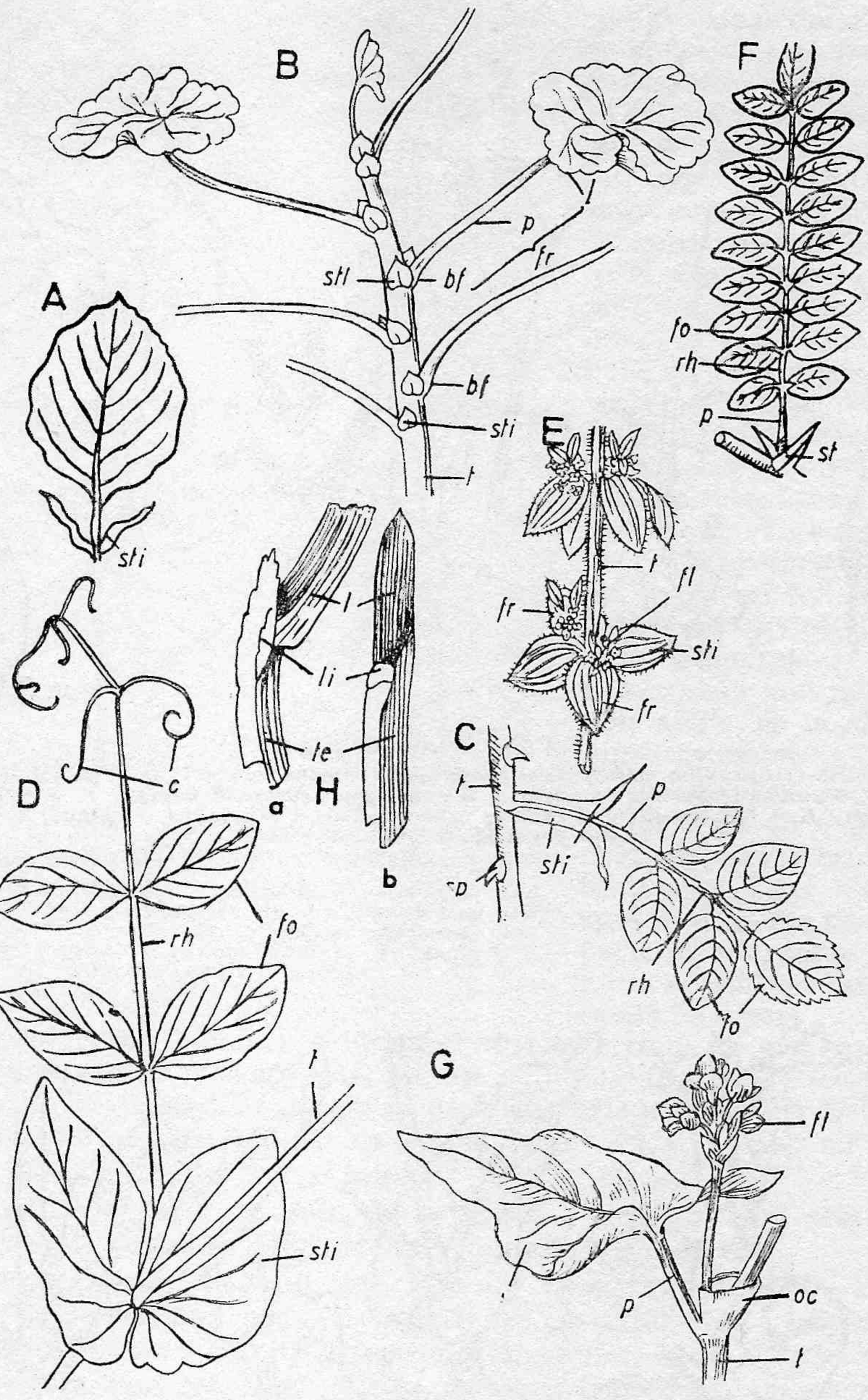


Fig. **171.** Anexe foliare :

A—F — forme de stipele; *G* — ochree; *H* — ligulă; *A* — stipele înguste (*Fagus silvatica*); *B* — stipele libere (*Pelargonium zonale*); *C* — stipele concrescute cu peţiolul (*Rosa canina*); *D* — stipele concrescute cu tulpina (*Pisum sativum*); *E* — stipele interpeţiolare (*Galium cruciata*); *F* — stipele spiniforme (*Robinia pseudacacia*); *G* — ochree (*Fagopyrum sagitatum*); *H* — ligulă (*a* — *Poa trivialis*; *b* — *Poa pratensis*); *bf* — baza frunzei; *c* — cîrcei; *fl* — floare; *fo* — foliolă; *fr* — frunză; *l* — lamină; *li* — ligulă; *oc* — ochree; *p* — peţiol; *rh* — rahis; *sp* — spin; *sti* — stipelă; *t* — tulpină; *te* — teacă (după I. G r i n ţ e s c u).

la *Lamium amplexicaule* (sugel), *Brassica napus ; decurente*, care se întind parţial în lungul tulpinii, ca la *Verbascum thapsiforme, Symphytum officinale* (tătăneasă) ; *perfoliate*, cu baza străbătută de tulpină, ca la *Lepidium perfoliatum, Thlaspi perfoliatum* (punguliţă), *Bupleurum rotundifolium* datorită concreşterii celor două jumătăţi ale limbului ; *conate*, la care concresc bazele limbului de la două frunze opuse, ca la *Lonicera caprifolium*.

3. *Baza* frunzei se fixează de tulpină. Uneori ea este o simplă dilataţie a părţii inferioare a peţiolului, ca la *Ficaria verna, Pelargonium zonale* ş.a. Alteori ea se dezvoltă într-o *teacă sau vaginã*, care înconjură tulpina pe o anumită lungime ; această teacă este foarte voluminoasă şi umflată la *Umbelliferae*, lungă, cilindrică, despicată longitudinal, ca la *Gramineae* sau întreagă, ca la *Cyperaceae*. La unele plante, cum ar fi *Scirpus* (pipirig), *Juncus* ş.a. întreaga frunză se reduce numai la teacă, funcţia de fotosinteză fiind îndeplinită în acest caz de tulpină.

Aşa cum am arătat şi mai sus, la unele *Leguminosae* (fasole, salcîm, mimoză ş.a.), frunzele au o *bază articulată*, între tulpină şi baza peţiolului interpunîndu-se o umflătură cărnoasă, motoare, datorită căreia frunzele pot executa mişcări nictinastice.

Anexe foliare (fig. 171). Frunzele, mai ales cele lipsite de teacă, pot fi însoţite de formaţiuni anexe numite stipele, ochree şi ligulă.

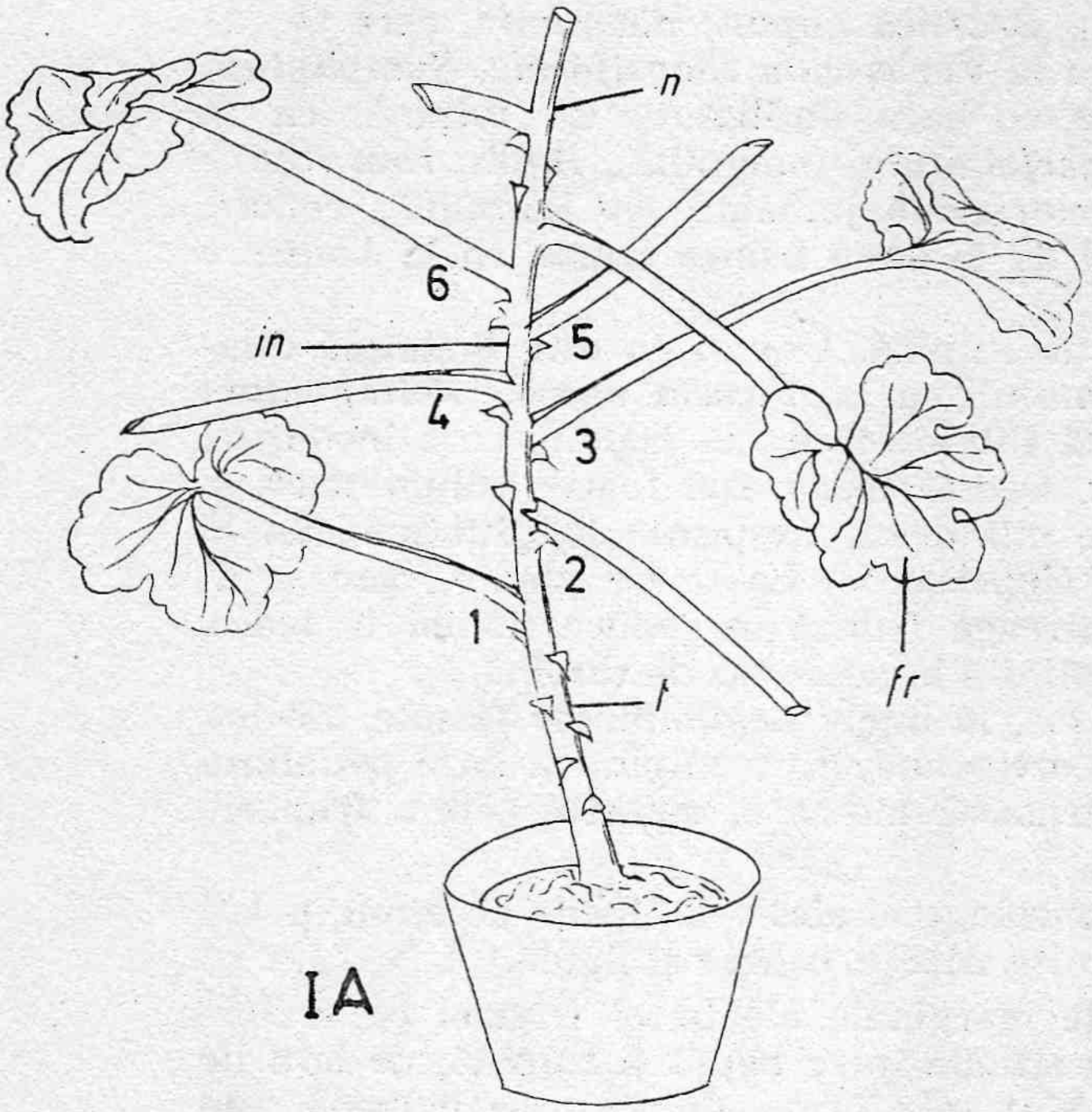
a) Stipelele sînt excrescenţe marginale ale bazei frunzei ce se formează în general perechi şi sînt situate între peţiol şi tulpină, pe laturile peţiolului sau opuse acestuia. Sînt solziforme, de culoare galbenă sau brună, neasimilatoare, caduce, ca la *Tilia, Fagus* etc., sau ca nişte frunzuliţe, libere, ca la *Pelargonium zonale* ori concrescute cu peţiolul, ca la *Rosa, Trifolium*. La *Pisum sativum* şi *Lathyrus aphaca* (lintea pratului) stipelele sînt formaţiuni foliare late, mai mari decît foliolele. La *Galium verum* (sînziene) şi alte *Rubiaceae* stipelele sînt interpeţiolare, asemănătoare frunzelor. Uneori stipelele se transformă în cîrcei, ca la *Smilax*, sau în spini (ghimpi), ca la *Robinia pseudacacia*.

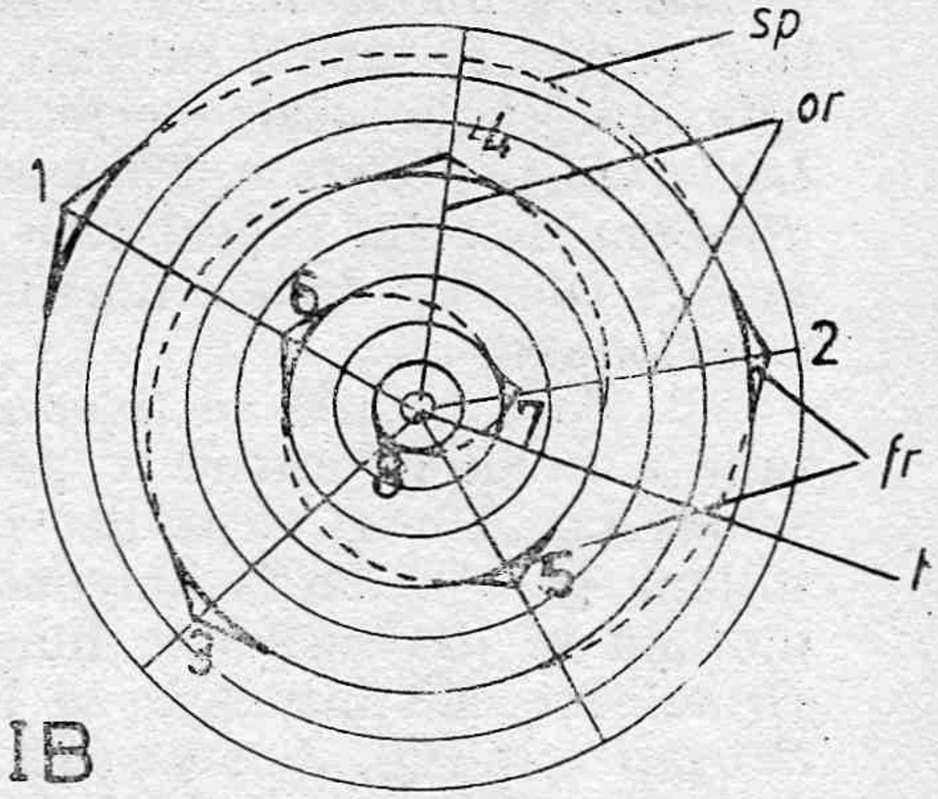
b) Ochrea este o formaţiune specifică plantelor din familia *Polygonaceae* şi se prezintă ca un cornet sau ca o pîlnie membranoasă ce învelește baza internodurilor tulpinii ; unii autori consideră că ochrea provine din concreşterea stipelelor.

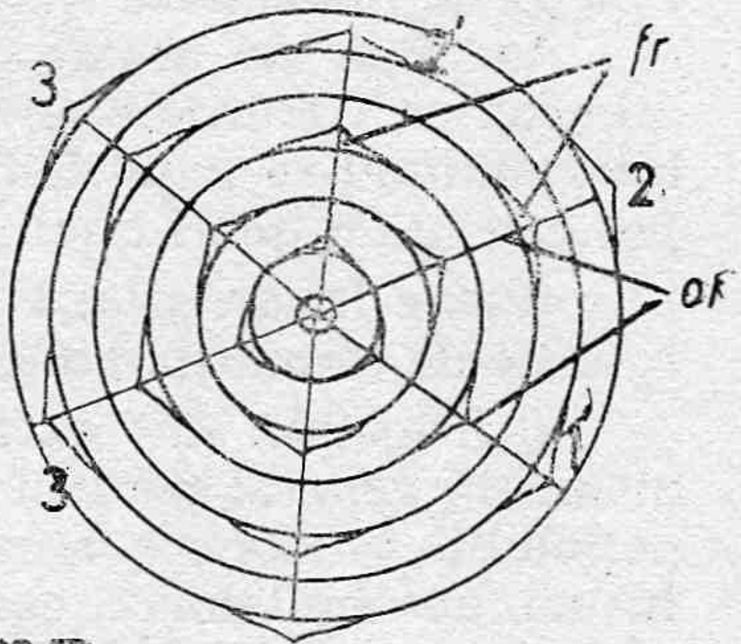
c) Ligula este o formaţiune lamelară, membranoasă, caracteristică multor *Gramineae*, aflîndu-se între teacă şi limb, cu rol de a împiedica pătrunderea apei între teacă şi tulpină. Se crede că şi ligula ar fi luat naştere din concreşterea stipelelor.

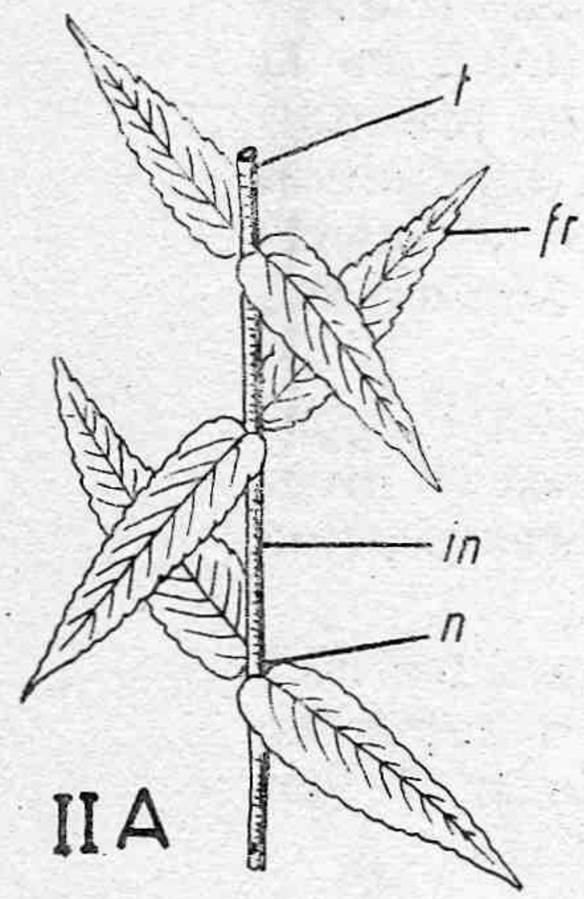
4.8.4.1. FILOTAXIA – DIVERGENŢA FOLIARĂ

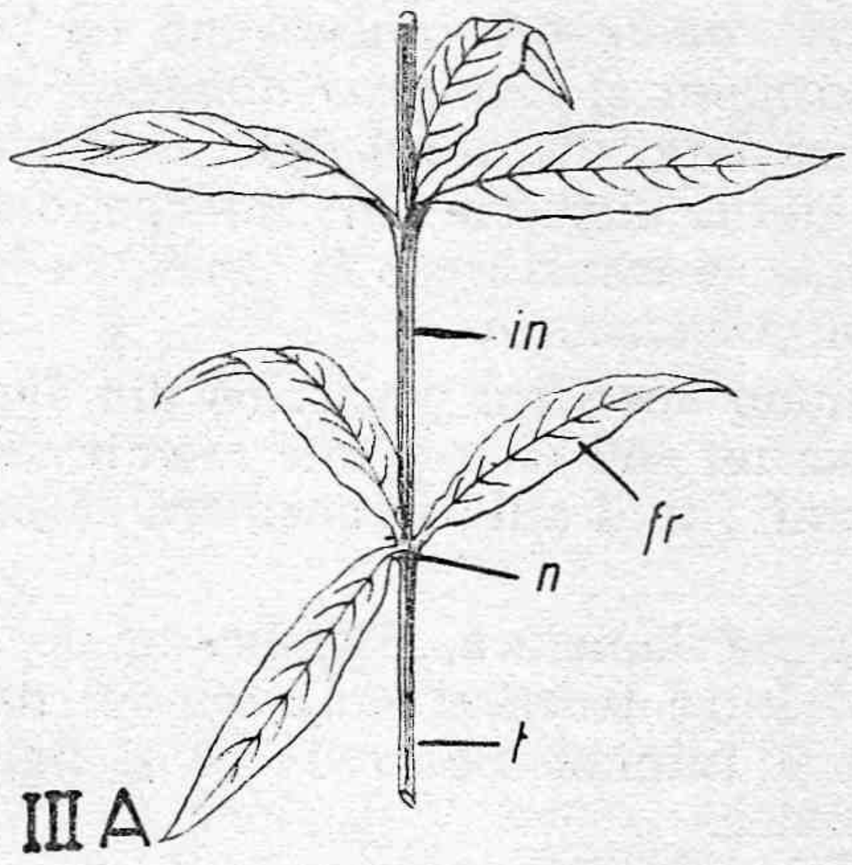
Filotaxia (de la gr. *phyllon* — frunză şi *taxis* — aşezare) înseamnă dispoziţia frunzelor pe tulpină sau ramuri. Frunzele (fig. 172) se prind, la noduri cîte una (dispoziţie alternă), două (dispoziţie opusă), sau mai multe (dispoziţie în verticil). Dispoziţia alternă se întîlneşte la foarte multe plante lemnoase, cum ar fi *Tilia, Fagus, Carpinus* şi la unele ierbacee, cum ar fi *Alliaria officinalis* (usturoiţa), *Chrysanthemum vulgare*











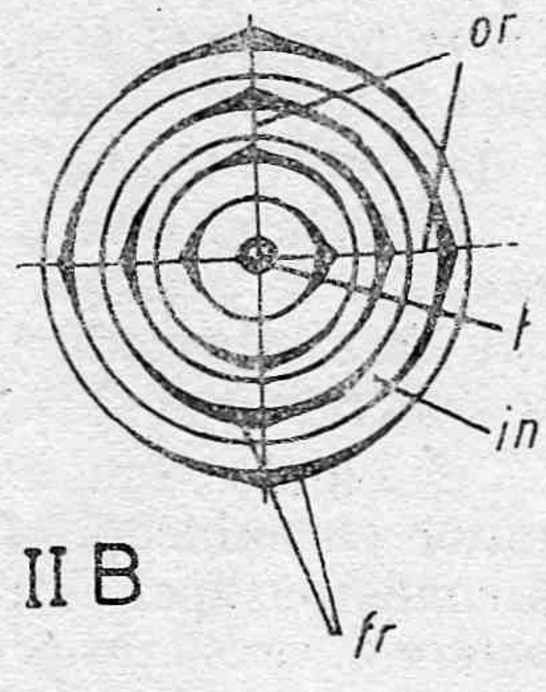


Fig. 172. Divergența foliară :
A — fragment de tulpină; *B* — diagrama divergenței foliare; *I* — *Pelargonium zonale*; *II* — *Stachys palustris*; *III* — *Lysimachia vulgaris*; *fr* — frunză; *in* — internod; *n* — nod; *or* — ortostih; *sp* — spirală generatoare; *t* — tulpină (*I* : după I. T. Tarnavschi și colab.; *II* : după Mevius; *III* : după Guttenberg).

(spilcuțe), *Pelargonium zonale* etc. Dispoziția opusă poate fi în cruce (decusată), ca la *Acer*, *Fraxinus*, *Aesculus*, *Labiatae*, *Caryophyllaceae* etc. Dispoziția în verticil este mai puțin răspîndită, întîlnindu-se la *Nerium oleander*, *Elodea canadensis*, *Myriophyllum spicatum*, *Polygonatum verticillatum* (pecetea lui Solomon), *Lysimachia vulgaris* (gălbășoară) ș.a.

Frunzele sînt așezate atît de regulat pe tulpină încît mediana frunzelor învecinate formează în mod succesiv unghiuri egale între ele, numite *unghiuri de divergență*, ce se exprimă în grade, menținîndu-se astfel regula echidistanței.

Divergența foliară se exprimă prin fracțiuni ordinare, care reprezintă seria Schimper-Braun, ca de exemplu 1/2, 1/3, 2/5, 3/8, 5/13 etc. Numărătorul arată de cîte ori trebuie înconjurată tulpina pentru a ajunge la prima frunză de pe același rînd (ortostih) cu aceea de la care s-a pornit ; numitorul indică cîte frunze se întîlnesc în acest drum (ciclu) pînă la frunza ce stă pe același ortostih.

Unghiul de divergență se calculează înmulțind divergența foliară cu 360° ; așa de exemplu, unghiul de divergență pentru o divergență foliară de 2/5 este egal cu $2/5 \times 360°$, adică 720/5 sau 144°. Divergențele mai des întîlnite sînt : 1/2 (180°) la *Gramineae*, 1/3 (120°) la *Cyperaceae*, 2/5 (144°) la *Rosa, Corylus, Betula*, 3/8 (135°) la *Aster* (steluță), *Brassica oleracea* (varză), *Plantago* ș.a. Cercetările de pînă acum au arătat că divergențele nu sînt fixate ereditar, ci ele depind de factori interni și externi, cum ar fi : raporturile de mărime dintre apex și primordiile foliare, nutația, lumina, gravitația etc., factori care se influențează și reciproc.

Dispoziția frunzelor începînd din vîrful tulpinii urmează o elice ce constituie parastihurile. Frunzele alterne pot fi urmărite de-a lungul unei linii în spirală, numită *spirală generatoare*.

Interpretarea filotaxică expusă este cea obișnuită, larg răspîndită, devenită oarecum clasică și care se bazează pe teoria spiralei generatoare și pe noțiunea de divergență.

În urmă cu peste trei decenii, a fost formulată (de către Plantefol, 1947) teoria bazată pe noțiunea de *elice sau spirale foliare multiple și a contiguității*, potrivit căreia frunzele se formează și sînt dispuse la suprafața tulpinii, adeseori, după mai multe serii, care înaintează mereu în spirală, ca niște elice. Noua teorie explică ușor toate dispozițiile foliare și mai cu seamă pe acelea pentru care spiralele generatoare erau dificile și impuneau anumite artificii.

Noua teorie concepe existența în inelul inițial subterminal (format din țesut numit filogen) a unor „centre generatoare“ de frunze. Fiecare din aceste centre constituie capătul anterior al unei elici foliare ; centrele se deplasează pe măsură ce înaintează această elice (deci pe măsură ce se formează pe ea, în continuare, noi frunze), ca rezultat al creșterii tulpinii foliate. Seriile spirale sau elicele se stabilesc pe baza contiguității primordiilor și frunzelor tinere. Contiguitatea se poate rezolva în trei moduri : prin juxtapunerea pieselor foliare (acestea se ating prin marginile lor fără a se influența una pe alta), prin încălecare (cauzată de alunecarea unei părți din segmentul unei frunze mai tinere sub acela al uneia mai bătrîne) și prin suprapunere (care constă în alinierea în lungul unei generatoare a segmentelor rezultate din același centru generator) ; astfel, toate frunzele din aceeași elice au același plan de simetrie.

Numărul elicelor foliare este constant pentru o specie dată. Cele mai multe dicotiledonate au două elice foliare, fiecare avîndu-și originea într-un cotiledon. Unii palmieri și cactaceele au un număr mai mare de elice. Unele monocotiledonate au în mod obișnuit o singură elice. Pteridofitele au un număr foarte mare de elice foliare. Variația numărului de

elice foliare este determinată, spre exemplu, de dedublarea unui centru generator de frunze sau de intercalarea unui centru nou în timpul creșterii vîrfului vegetativ al tulpinii.

Teoria elicelor foliare neagă realitatea spiralei generatoare unice ca și pe aceea a divergenței, deși cele două teorii, după cît se pare, se completează reciproc. În școala morfologică franceză, teoria elicelor foliare multiple a avut un ecou deosebit și își găsește o acceptare din ce în ce mai largă, cu toate criticile cu care au întîmpinat-o alți morfologi străini. Aplicațiile pe care și le-a găsit noua teorie în multe lucrări, ca și verificarea ei pe cale experimentală, motivează utilizarea ei în investigațiile filotaxice.

4.8.4.2. PREFOLIAȚIE ȘI FOLIAȚIE

Prin *prefoliație* sau vernație se înțelege modul cum sînt dispuse frunzele în mugur, luate fiecare în parte și nu în raport unele cu altele. Prefoliația poate fi : (fig. 173) *plană*, cînd frunzele sînt plane și dispuse față în față, ca la *Pinus*, *Abies*, *Picea* etc. ; *conduplicată*, cînd cele două jumătăți ale limbului sînt îndoite în lungul nervurii mediane, ca la *Rosa*, *Pru-*

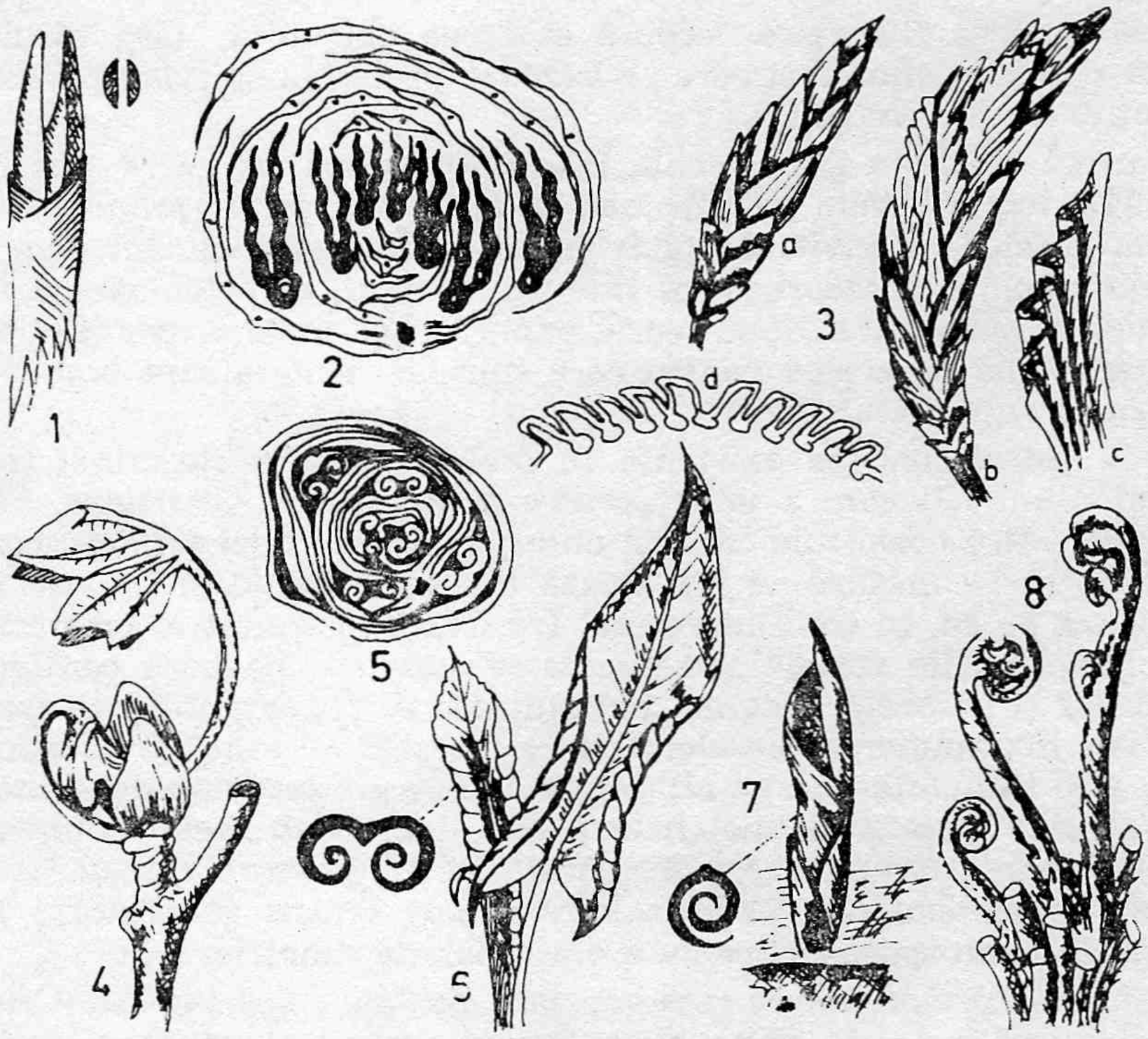


Fig. **173.** Prefoliație (vernație) :

1 — plană (*Pinus silvestris*) ; *2* — conduplicată (*Ulmus campestris*) ; *3* (*a*, *b*, *c*, *d*) — plicată (*Fagus silvatica*) ; *4* — reclinată (*Liriodendron* sp.) ; *5* — involută (*Populus nigra*) ; *6* — revolută (*Rumex patientia*) ; *7* — convolută (*Convallaria majalis*) ; *8* — circinată (*Polystichum filix mas*) (după I. Grințescu).

nus avium, *P. persica* (persic), *Ulmus*, *Corylus*, *Quercus* etc. ; *plicată*, cînd limbul este cutat de-a lungul nervurilor secundare, ca la *Carpinus*, *Brassica*, *Fagus*, *Acer*, *Alchemilla* etc. ; *involută*, cînd cele două jumătăţi ale limbului sînt răsucite spre faţa superioară, ca la *Pyrus*, *Populus*, *Viola*, etc. ; *revolută*, cînd răsucirea se face spre faţa inferioară, ca la *Chenopodium* (spanac sălbatec), *Beta*, *Primula*, *Rumex etc.* ; *convolută*, cînd limbul este răsucit de la o margine la alta, ca la *Prunus domestica*, *Convallaria majalis*, *Musa*, *Canna* etc. ; *reclinată*, cînd limbul se îndoaie pe lat, jumătatea superioară suprapunîndu-se peste cea inferioară, ca la *Liriodendron* ; *circinată*, cînd frunza se răsuceşte în spirală, de la vîrf spre bază, ca la *Pteropsida* (ferigi), *Cycas* etc.

Prin *foliaţie* sau estivaţie se înţelege modul cum sînt dispuse frunzele în mugur, considerîndu-le în legătură unele cu altele. Foliaţia poate fi : (fig. 174) *apertă*, cînd frunzele unui ciclu se răsucesc independent una de

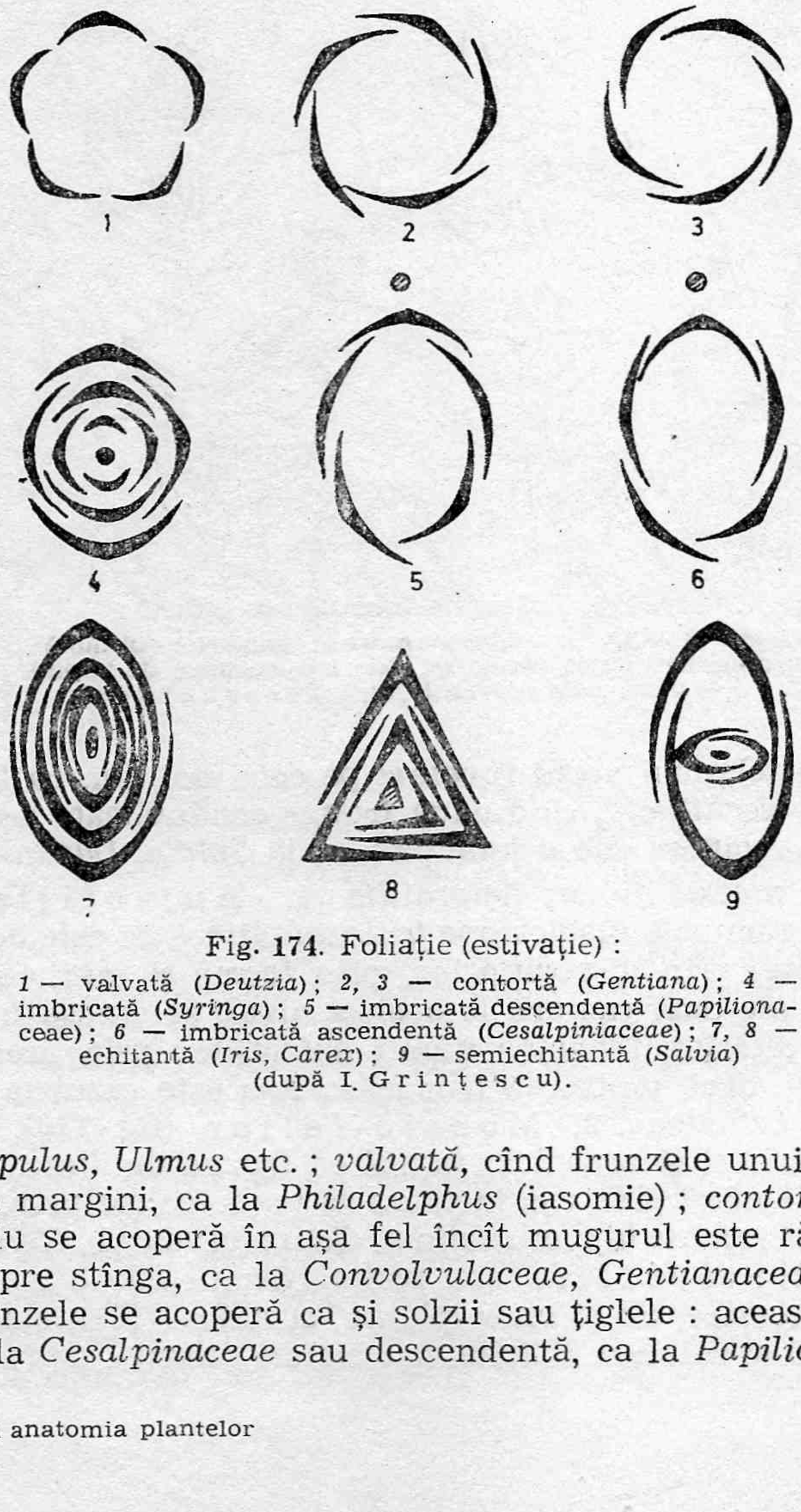


Fig. **174**. Foliaţie (estivaţie) :
1 — valvată (*Deutzia*) ; *2*, *3* — contortă (*Gentiana*) ; *4* — imbricată (*Syringa*) ; *5* — imbricată descendentă (*Papilionaceae*) ; *6* — imbricată ascendentă (*Cesalpiniaceae*) ; *7*, *8* — echitantă (*Iris*, *Carex*) ; *9* — semiechitantă (*Salvia*) (după I. Grinţescu).

alta, ca la *Populus*, *Ulmus* etc. ; *valvată*, cînd frunzele unui ciclu se ating între ele prin margini, ca la *Philadelphus* (iasomie) ; *contortă*, cînd frunzele unui ciclu se acoperă în aşa fel încît mugurul este răsucit fie spre dreapta, fie spre stînga, ca la *Convolvulaceae*, *Gentianaceae* etc. ; *imbricată*, cînd frunzele se acoperă ca şi solzii sau ţiglele : aceasta poate fi ascendentă, ca la *Cesalpinaceae* sau descendentă, ca la *Papilionaceae* ; *echi-*

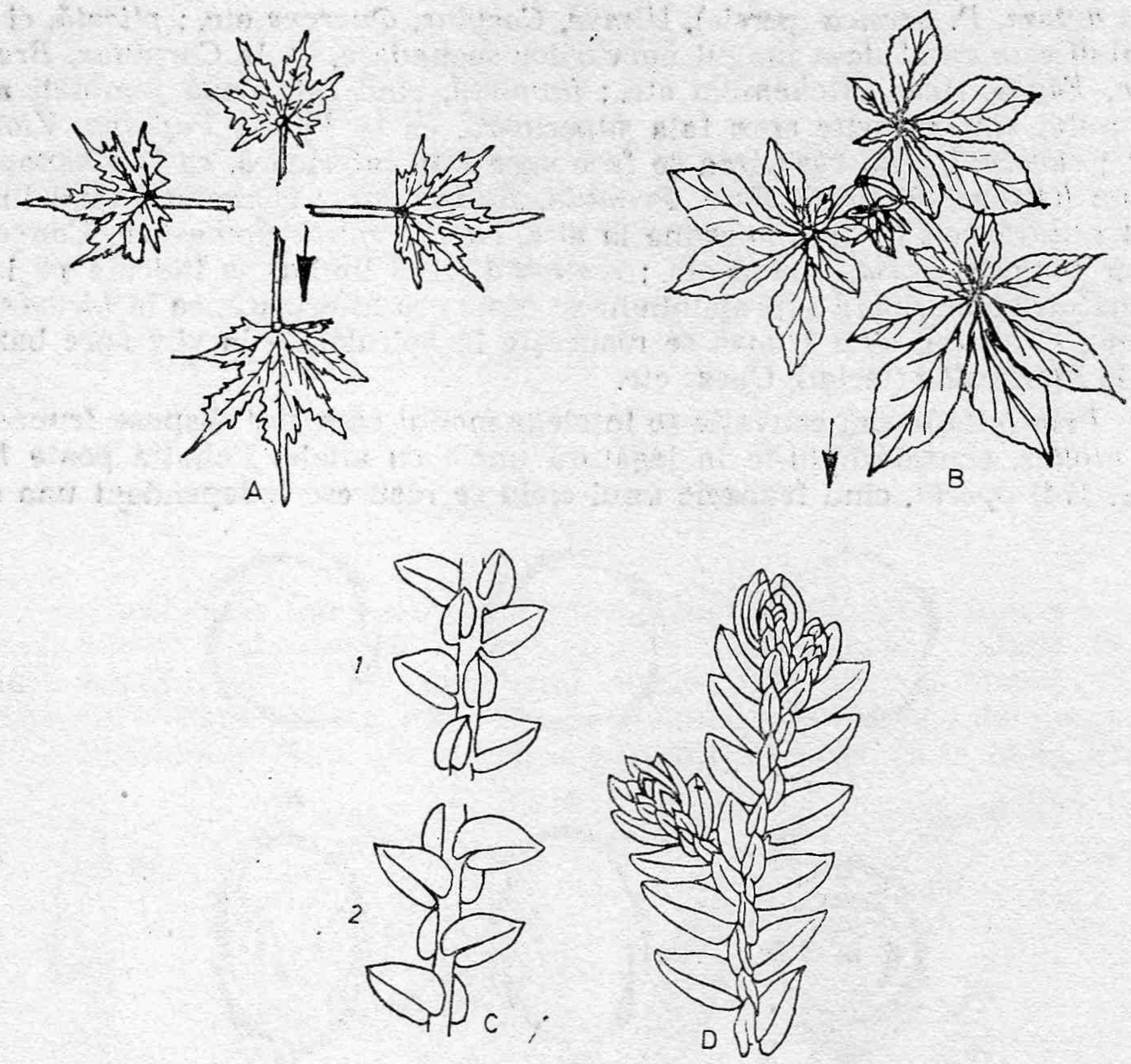


Fig. 175. Anizofilie laterală sau indusă :

A — Acer platanoides; *B — Aesculus hippocastanum*; anizofilie obișnuită; *C — Selaginella uncinata* (*1* — porțiune de tulpină văzută de sus; *2* — porțiune de tulpină văzută de jos; *D — Selaginella douglasii* (după S t r a s b u r g e r).

tantă, cînd frunzele mai vechi învelesc pe cele mai noi, ca la *Iris*, *Carex* (rogoz) ș.a. ; *semiechitantă*, cînd două frunze conduplicate sau răsucite își acoperă fiecare reciproc cîte o jumătate, ca la *Salvia*, *Lychnis* (opățel) ș.a.

Anizofilie, mozaic foliar, heterofilie. 1. A n i z o f i l i e (fig. 175). Frunzele de pe ramurile plagiotrope (culcate) diferă de cele de pe ramurile ortotrope (drepte) prin dispoziția lor, prin formă și mărime ; așadar, pe diferitele părți ale unei ramuri, la același nivel, se găsesc frunze de mărimi și forme diferite, fenomen numit anizofilie ; prin aceasta se evită suprapunerea și, deci, umbrirea frunzelor. Așa este cazul la *Abies*, *Selaginella*, *Atropa belladona*. 2. M o z a i c f o l i a r (fig. 176). Reprezintă o variantă a anizofiliei și constă în faptul că frunze de dimensiuni diferite sînt dispuse în același plan așa încît nu se umbresc reciproc, așa cum întîlnim la *Acer*, *Aesculus hippocastanum*, *Geum* (cevențel), *Geranium* (ciocul berzei) ș.a. 3. H e t e r o f i l i a sau polimorfismul este o însușire proprie atît plantelor terestre, cît și unor plante acvatice. Plantele terestre au frunze de formă și mărime diferite, la niveluri diferite, pe ramuri diferite

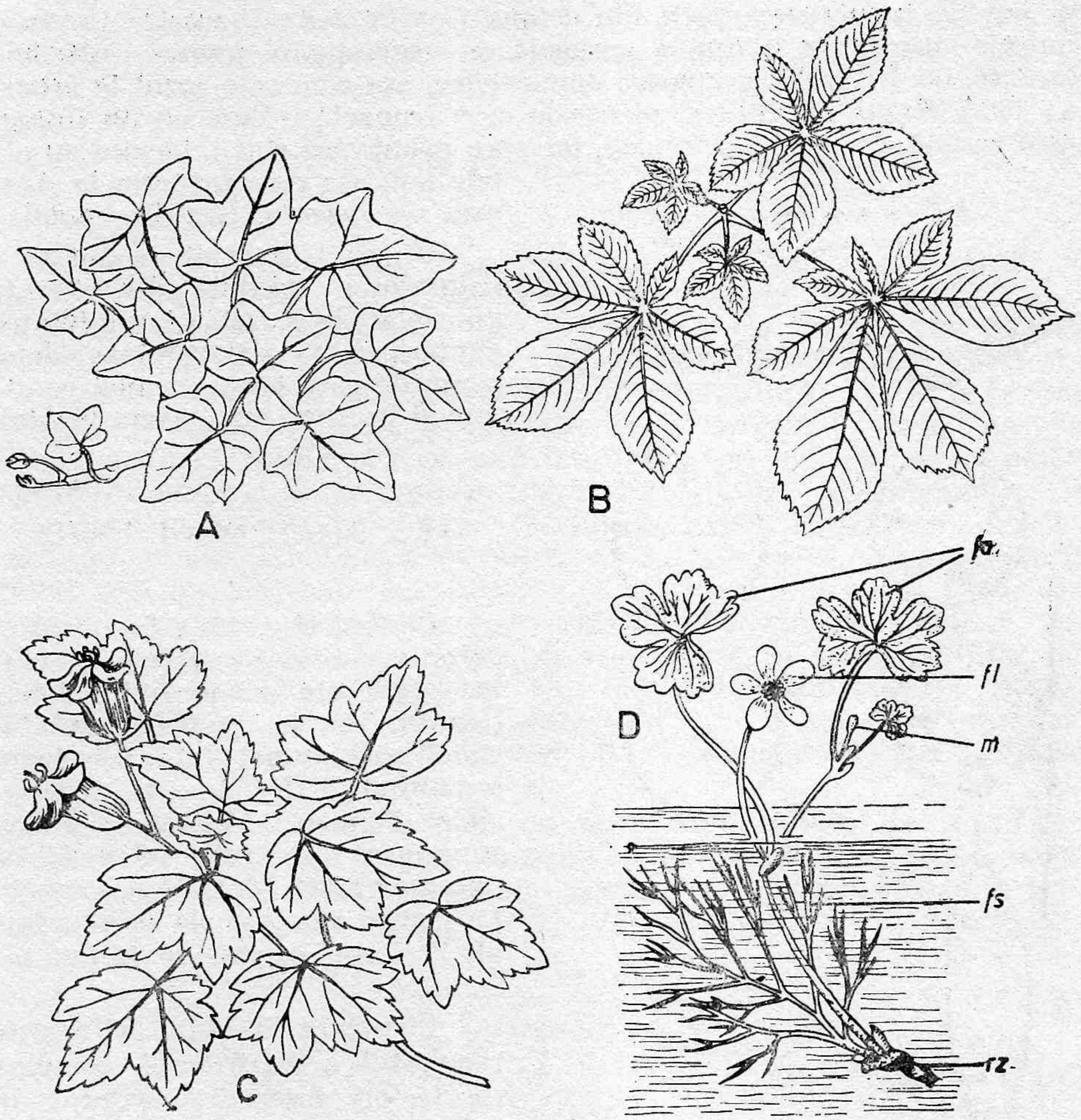


Fig. **176.** Mozaic foliar (*A*—*C*) și dimorfism foliar (*D*) :
A — *Hedera helix*; *B* — *Aesculus hippocastanum*; *C* — *Begonia* sp.; *D* — *Ranunculus aquatilis*; *fa* — frunze aeriene; *fl* — floare; *fs* — frunze submerse; *m* — mugur; *rz* — rizom (*A, C, D* : după I. Grinţescu; *B* : după Guttenberg).

sau în etape ontogenetice diferite. Așa sînt cazurile de *dimorfism foliar*, de la *Ranunculus aquatilis, R. auricomus, Lepidium perfoliatum, Morus* (dud), *Eucalyptus, Populus, Hedera helix* ș.a., ca și cazurile de *trimorfism foliar*, atît de bine ilustrate la *Sagittaria sagittifolia,* la care frunzele submerse sînt liniare, cele natante sînt eliptice sau cordate, iar cele aeriene sînt sagitate.

Durata vieţii frunzelor. La majoritatea plantelor lemnoase durata vieţii frunzelor este mult mai scurtă decît cea a organelor axiale, aceasta fiind legată îndeosebi de perioada de vegetaţie a plantelor. Plantele la care frunzele se menţin pe ramuri mai multe perioade de vegetaţie se numesc *sempervirescente*, iar frunzele lor se numesc pleiociclice. Astfel de frunze cad pe rînd, așa cum întîlnim la *Ilex, Olea europaea* (măslin), *Lau-*

rus nobilis, numeroase specii din grupul *Coniferales*. Plantele la care frunzele sînt active numai o perioadă de vegetaţie se *numesc estivavirescente*, iar frunzele se numesc monociclice, aşa cum este cazul la arbori ca : *Tilia, Fagus* ş.a. Sînt şi plante la care frunzele trăiesc un an întreg, adică rezistă şi iarna sub zăpadă, iar spre primăvară sînt înlocuite cu altele noi, aşa cum întîlnim la *Asarum europaeum, Hepatica nobilis*.

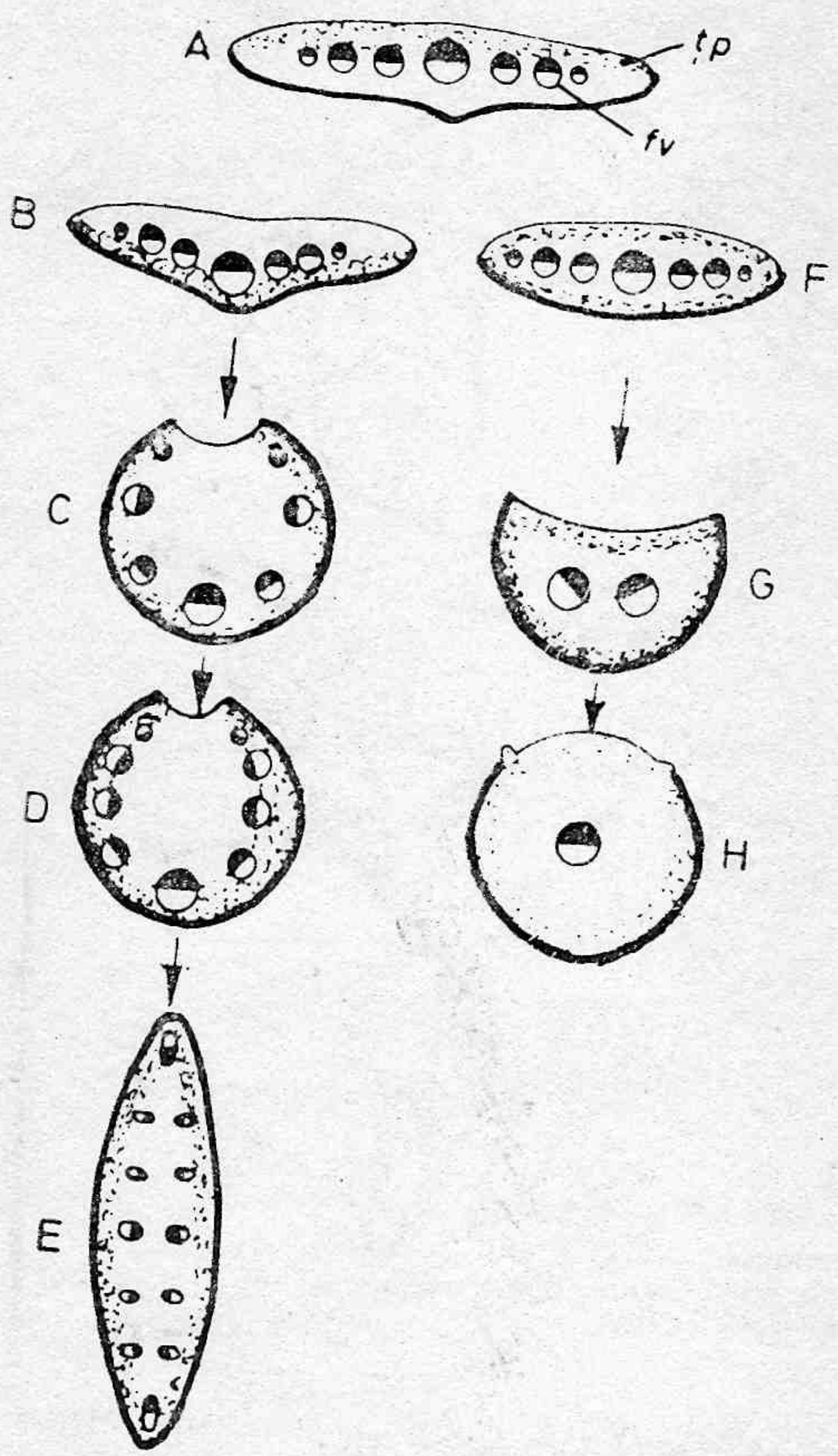


Fig. **177.** Reprezentarea schematică a secţiunilor transversale prin limbul foliar :

A — frunză bifacială dorsoventrală; *B* — frunză bifacială invers dorsoventrală; *C, D* — derivarea frunzei circulare monofaciale; *E* — frunză plană monofacială; *F* — frunză plană ecvifacială; *G* — frunză aciculară ecvifacială; *H* — frunză circulară ecvifacială; *fv* — fascicul vascular; *ţp* — ţesut palisadic (după S t r a s b u r g e r).

Un mod deosebit de durată a frunzelor îl prezintă *Welwitschia mirabilis* ; la această plantă (dintre gimnosperme) există doar două nomofile care cresc în mod continuu şi persistă toată viaţa plantei.

4.8.5. ANATOMIA FRUNZEI

Limbul (fig. 177). În procesul de ontogeneză se pot dezvolta ambele feţe ale primordiului foliar (rezultînd în acest caz frunze bifaciale) sau numai faţa inferioară (rezultînd astfel frunze monofaciale). Frunza bifacială are o faţă superioară (ventrală, adaxială) şi una inferioară (dorsală, abaxială). La frunza monofacială ambele feţe ale limbului au valoare de faţa inferioară.

Structura limbului foliar este rezultatul acţiunii unui complex de factori interni şi externi în cursul filogeniei şi ontogeniei plantelor. Lumina este factorul ce acţionează într-o măsură foarte importantă asupra structurii frunzei. Distribuţia ei pe cele două feţe ale limbului este condiţionată de orientarea acestuia în spaţiu şi deci faţă de tulpină. Frunzele al căror limb se orientează vertical, deci paralel cu tulpina pe care se formează se numesc *panfotometrice* ; prin această dispoziţie planta evită supraîncălzirea frunzei în timpul amiezii. Frunzele al căror limb este dispus perpendicular sau oblic pe tulpină se numesc *eufotometrice*, fiind cel mai bine iluminate, dar şi cel mai puternic încălzite. Frunzele indiferente faţă de lumină se numesc *afotometrice*. Frunzele panfotometrice se numesc *ecvifaciale* sau izofaciale (izolaterale), datorită lipsei aproape complete a unei diferenţieri între cele două

feţe ale limbului. Frunzele eufotometrice se numesc *heterofaciale* sau dorsoventrale, avînd o structură diferită a mezofilului pe cele două feţe ale limbului. Ambele categorii de frunze amintite sînt însă bifaciale.

4.8.5.1. STRUCTURA FRUNZULIȚELOR LA BRYOPHYTA

Frunzuliţele de la *Musci* (ex. *Polytrichum commune*) sînt mici, uninerve, formate dintr-o parte bazală subţire și hialină, numită teacă, care se continuă cu un limb îngust — lanceolat, ascuţit la vîrf și dinţat pe margini (fig. 178, A). În secţiune transversală se vede că structura este simplă, reprezentată printr-un singur strat de celule clorofiliene pe părţile laterale și cîteva straturi de celule în regiunea centrală, care formează nervura mediană. Unele celule, situate spre faţa inferioară a limbului, au pereţii mai mult sau mai puţin uniform îngroșaţi, amintind de elementele sclerenchimatice și îndeplinind rol de susţinere ; altele, situate spre faţa superioară, au pereţii subţiri și servesc la conducerea sevei elaborate, constituind deci un ţesut liberian primitiv. Perpendicular pe faţa superioară a regiunii mediane se găsesc numeroase lame paralele, pluricelulare, uniseriate, asimilatoare și absorbante de apă în același timp ; celulele terminale ale lamelor asimilatoare sînt bifurcate (bimamilate). Aşadar, exceptînd elementele cu rol de susţinere și cele cu rol de conducere a sevei elaborate, toate celulele frunzei conţin cloroplaste. Vasele de lemn lipsesc ca și în tulpiniţă.

O structură mult mai simplă, dar adaptată la condiţii de mediu deosebite, întîlnim la frunzuliţele mușchiului de turbă (*Sphagnum nemoreum*) (fig. 178, B). Frunzuliţele sînt sesile, fără nervură, ascuţite și cu

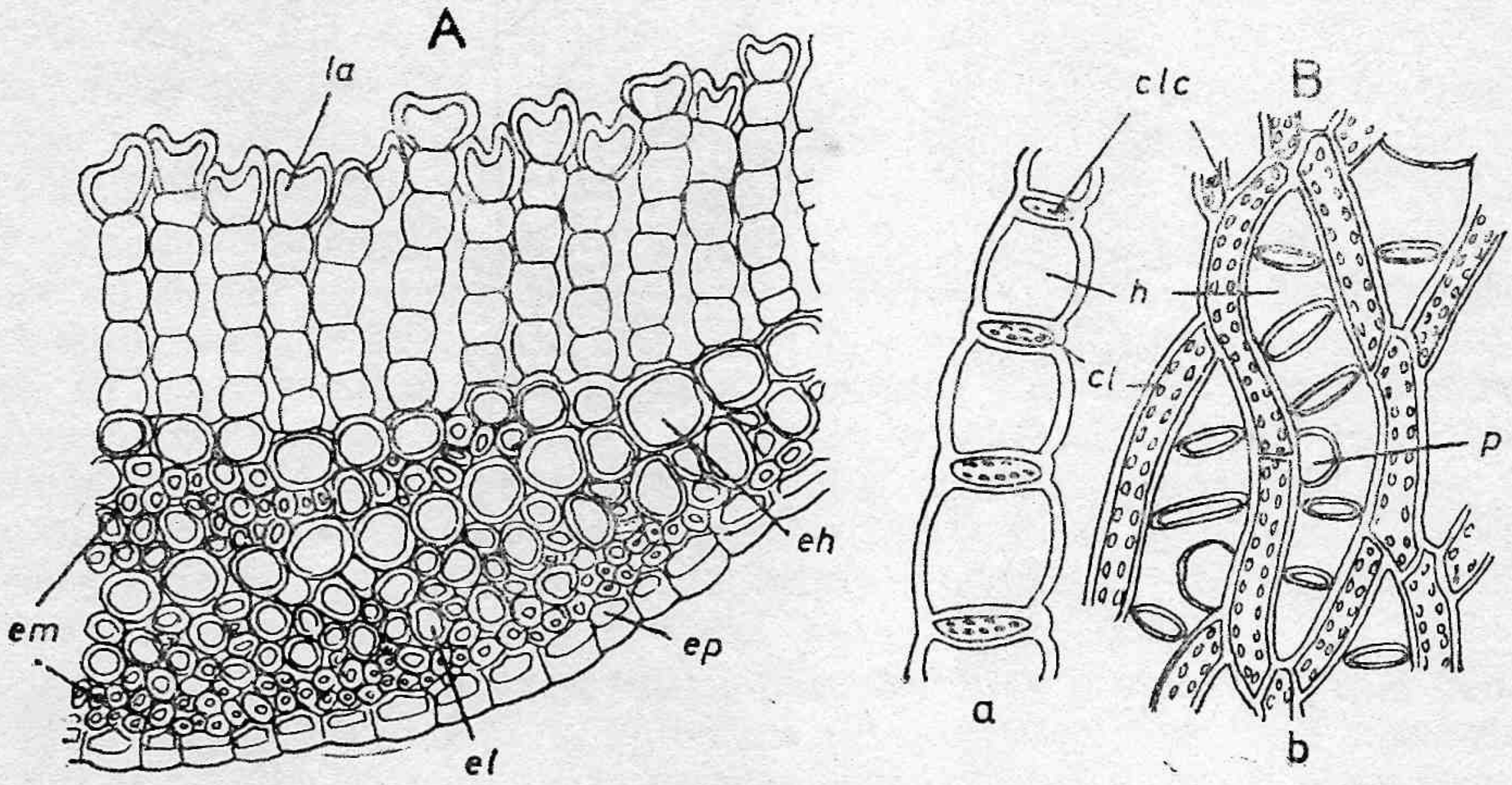


Fig. 178. Structura frunzuliţei la mușchi :

A — *Polytrichum* sp. (secţiune transversală) ; *B* — *Sphagnum* sp. (*a* — secţiune transversală; *b* — vedere din fată) ; *cl* — cloroplaste; *clc* — clorocite; *eh* — elemente hadromatice (lemnoase) ; *el* — elemente leptomatice (liberiene) ; *em* — elemente mecanice; *ep* — epidermă ; *h* — hialocite (hidrocite) ; *la* — lamele asimilatoare ; *p* — pori (după G u t t e n b e r g).

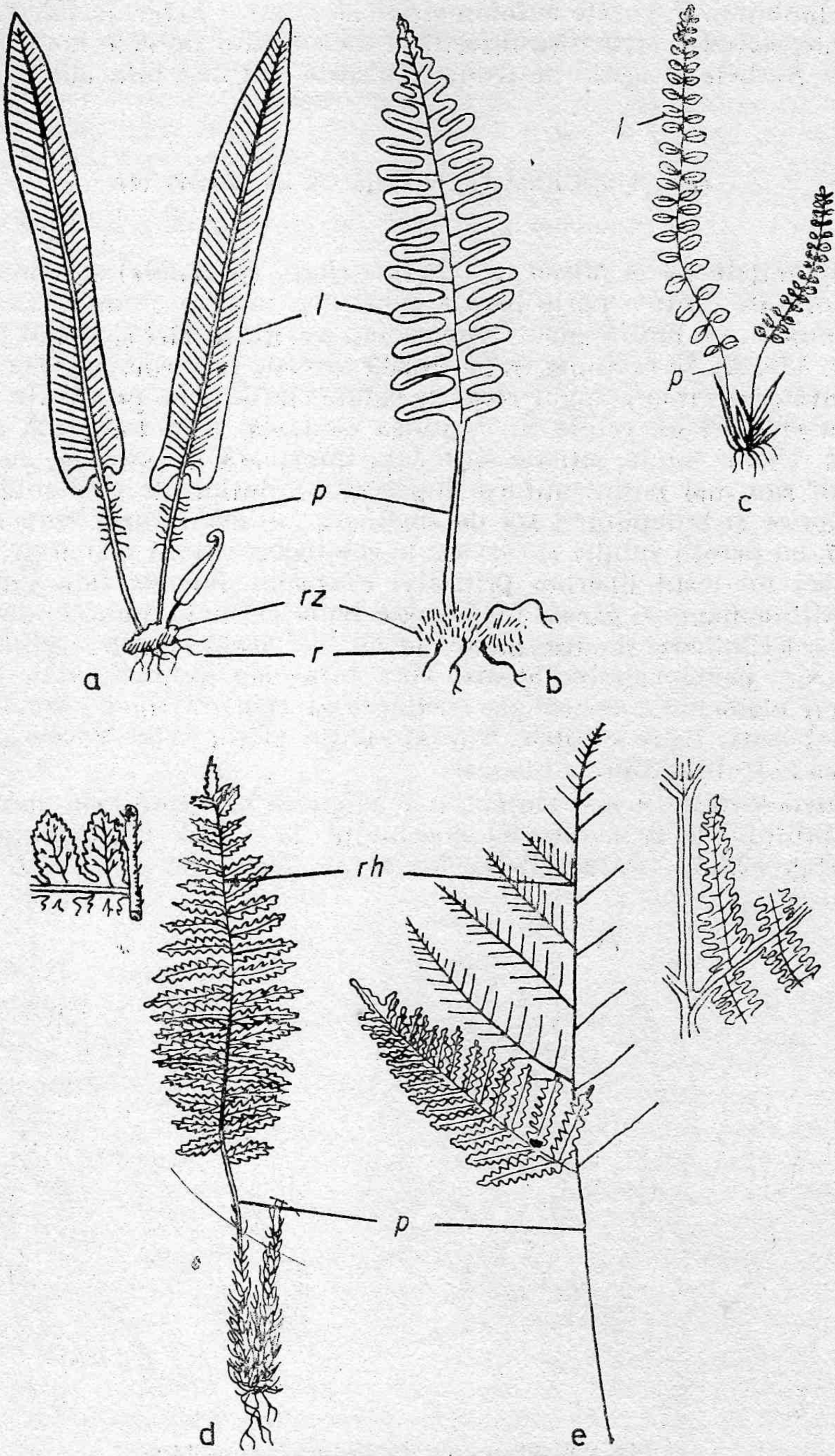


Fig. 179. Tipuri de frunze la ferigi :

a — Scolopendrium officinale; *b — Polypodium vulgare*; *c — Asplenium trichomanes*; *d — Polystichum filix mas*; *e — Pteris aquilina*; *l* — lamină; *p* — peţiol; *r* — rădăcină; *rh* — rahis; *rz* — rizom (după C a m e f o r t).

marginile răsucite spre vîrf, fiind formate doar dintr-un singur strat de celule. Celulele sînt însă de două categorii : unele mici, vii, asimilatoare, înguste şi alungite, numite *clorocite* şi formînd o reţea ; altele mari, moarte, hialine, cu pereţii avînd îngroşări inelate şi spiralate, iar din loc în loc pori, numite *hialocite* sau hidrocite şi dispuse în ochiurile reţelei formate de clorocite. Rolul hialocitelor este de a absorbi şi acumula apă cu sărurile minerale prin capilaritate (muşchii de turbă fiind lipsiţi de rizoizi).

4.8.5.2. STRUCTURA FRUNZEI LA PTERIDOPHYTA

Frunza de la ferigile actuale are valoarea unui organ pentru care se consideră adecvat termenul de *frondă ;* aceasta are o creştere apicală definită sau pînă la completa ei formare (însuşire asemănătoare cu aceea de la tulpină) ; în unele cazuri creşterea poate dura mai mulţi ani.

La multe pteriodofite (în special la *Pteropsida*) frunza (fig. 179) este formată din peţiol şi limb (*Dryopteris, Phyllitis, Osmunda, Marsilea* ş.a.), la altele nu este diferenţiată în cele două părţi (*Selaginella, Lycopodium, Isoëtes* ş.a.) ; la *Equisetales* frunzele sînt mici, brune, reduse la scvame sau solzi, inserate în verticil la noduri şi concrescute pe o bună parte din lungimea lor, formînd astfel o teacă dinţată.

Nervaţiunea poate fi reprezentată printr-o singură nervură şi frunzele se numesc uninerve *(Selaginella, Lycopodium),* sau prin mai multe nervuri dispuse fie după tipul penat *(Polypodium),* fie după cel palmat *(Pteridium).*

Limbul poate fi întreg *(Phyllitis, Salvinia),* penat-partit *(Polypodium),* penat-sectat *(Asplenium trichomanes),* dublu penat-sectat *(Athyrium filix femina).*

Frunzele speciilor din această grupă mare de plante prezintă o structură foarte variată, în raport cu treptele diferite de organizare şi în funcţie de condiţiile ecologice în care cresc.

Frunza de la ferigile microfiliene (ex. *Selaginella*) (fig. 180), asemănătoare ca aspect cu frunzuliţele de la *Musci,* este formată dintr-o epidermă superioară, o epidermă inferioară (ambele unistratificate şi clorofiliene, în cea din urmă găsindu-se şi stomate) şi mezofil omogen între ele, format din celule rotunjite, bogate în cloroplaste, lăsînd între ele vizibile spaţii aerifere ; în mezofil se află o nervură cu valoare de fascicul hadrocentric, formată din celule cu pereţii îngroşaţi şi lignificaţi (acestea sînt vasele de lemn), înconjurate de celule cu pereţii subţiri, celulozici (acestea sînt vasele de liber).

Frunza de la ferigile macrofiliene *(Filicinae)* au o structură mai evoluată (fig. 181). Între cele două epiderme (în cea inferioară fiind prezente şi stomate) se află un mezofil pluristratificat, rareori diferenţiat în ţesut palisadic şi ţesut lacunos, dar adesea avînd celule septate. Ţesutul mecanic este bine reprezentat, iar ţesutul conducător apare sub forma mai multor nervuri cu valoare de fascicule hadrocentrice ; în nervura mediană se pot găsi cîteva fascicule foarte apropiate între ele, iar nervurile de ultim ordin sînt, adesea, reprezentate prin fascicule de tip colateral.

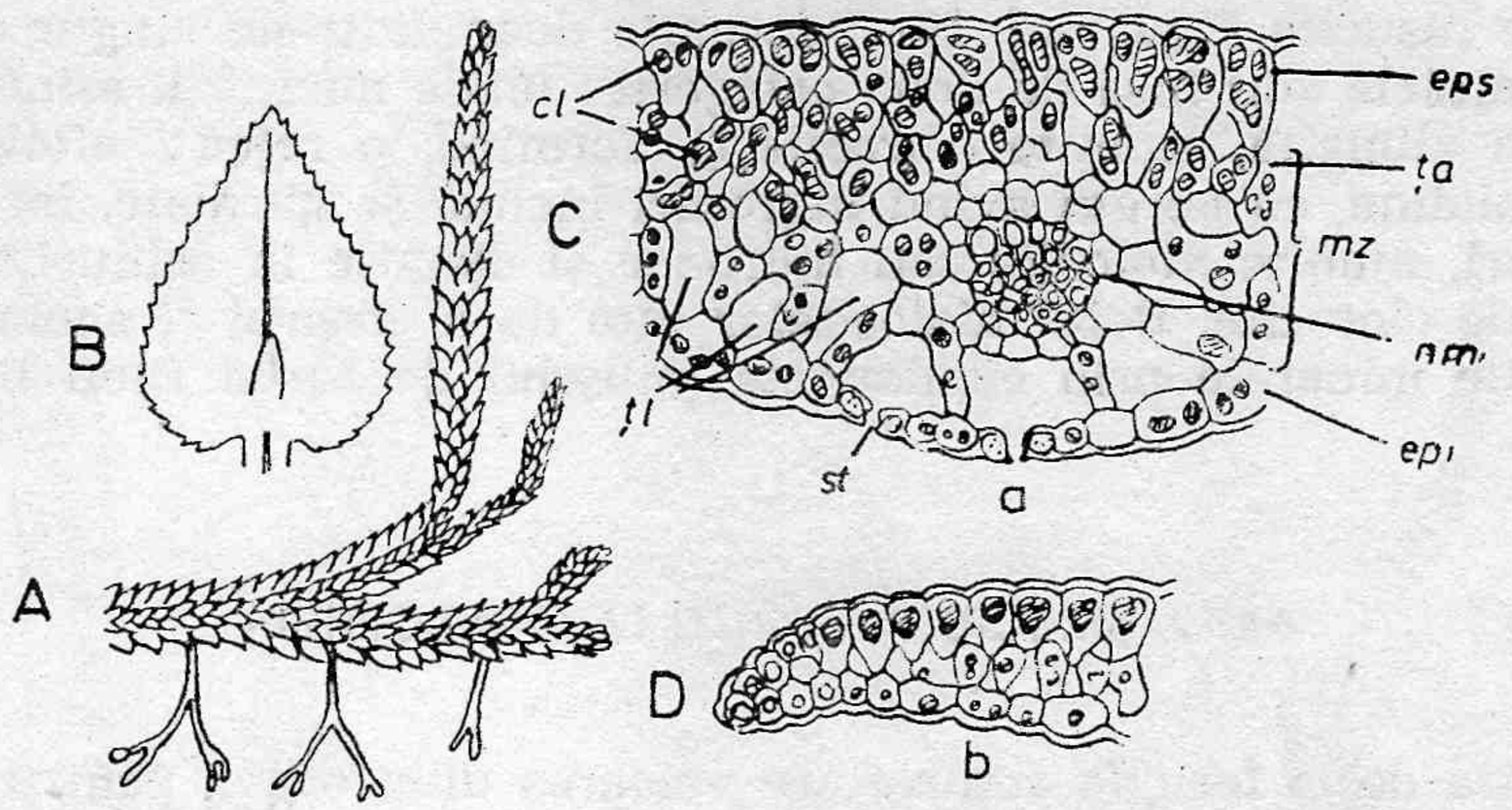


Fig. **180.** Habitusul (*A*), morfologia (*B*) și structura (*C*) frunzei de *Selaginella* sp. (*a* — secțiune transversală în regiunea mediană; *b* — secțiune transversală în regiunea marginală) :

cl — cloroplaste; *epi* — epidermă inferioară; *eps* — epidermă superioară; *mz* — mezofil; *nm* — nervură mediană; *st* — stomată; *ța* — țesut asimilator; *țl* — țesut lacunos (după I. Grințescu).

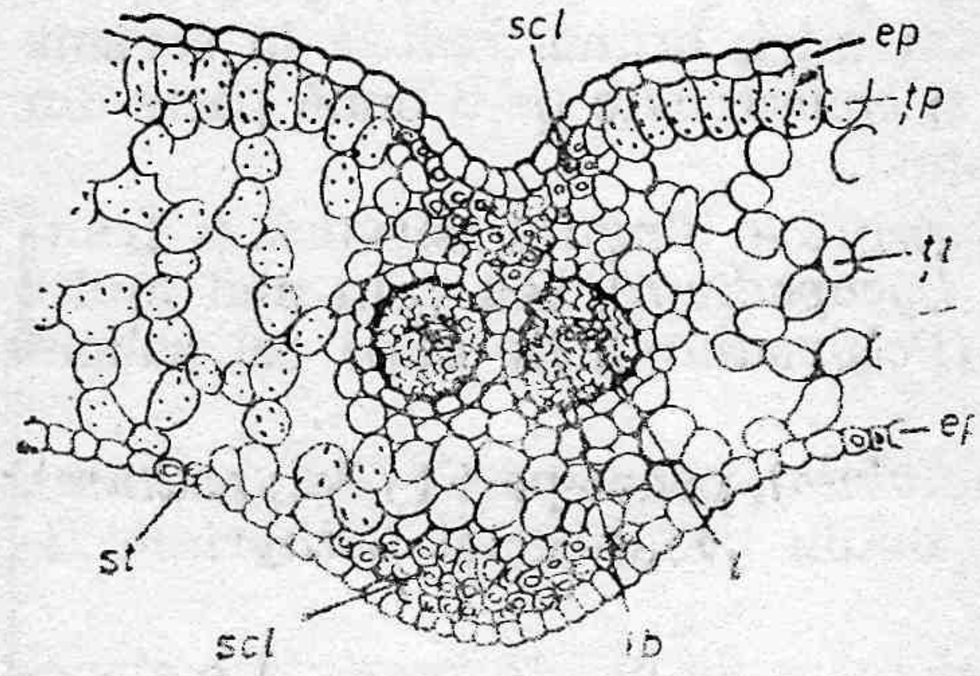


Fig. **181.** Structura frunzei de *Aspidium fortunei* (secțiune transversală printr-un segment foliar) :

ep — epidermă; *l* — lemn; *lb* — liber; *scl* — sclerenchim; *st* — stomată; *țl* — țesut lacunos; *țp* — țesut palisadic (după I. Grințescu).

4.8.5.3. STRUCTURA FRUNZEI LA GYMNOSPERMAE

Caracterele morfologice și histo-anatomice ale frunzelor de la cele mai multe conifere sînt consecința adaptării lor la condițiile grele în care plantele trăiesc. Prin forma aciculară a frunzelor suprafața de transpirație se reduce foarte mult, ceea ce este avantajos pentru plante în anotimpul rece, cînd absorbția apei este aproape imposibilă. Pereții îngroșați ai celulelor epidermice și hipodermice, stomatele afundate în hipodermă și chiar în mezofil, acoperite cu rășină, concură de asemenea la moderarea sau chiar oprirea transpirației. Structura mezofilului, adesea format din celule septate, este o însușire utilă pentru fotosinteză : suprafața pereților pe lîngă care se dispun cloroplastele este astfel foarte mult mărită prin formarea septumurilor și deci crește cantitatea de cloroplaste în fiecare celulă asimilatoare.

Pentru caracterizarea structurii frunzei la *Gymnospermae* se au în vedere următoarele caractere histo-anatomice : conturul secțiunii trans-

versale ; structura epidermei (dimensiunile celulelor, aspectul pereţilor laterali, modul şi gradul de îngroşare a pereţilor, grosimea cuticulei) ; alcătuirea, frecvenţa şi localizarea stomatelor ; structura hipodermei (dimensiunile celulelor în comparaţie cu ale celor epidermice, gradul de îngroşare şi lignificare a pereţilor, localizare) ; numărul, dimensiunile, structura şi localizarea canalelor secretoare (rezinifere) ; structura mezofilului (felul şi dimensiunile celulelor, diferenţierea în ţesut palisadic şi ţesut lacunos, prezenţa şi frecvenţa celulelor cu braţe) ; structura endodermei (forma şi dimensiunile celulelor, prezenţa sau absenţa îngroşărilor lui Caspary) ; structura cilindrului central (celule periciclice, parenchim de transfuzie sau traheidal, liber, lemn, fibre de sclerenchim, număr de fascicule conducătoare, gradul de apropiere sau depărtare între ele etc.).

În cele ce urmează ne vom referi, pe scurt, doar la structura unora dintre gimnospermele indigene, aparţinînd în marea lor majoritate coniferelor.

Frunzele de *Ephedra distachya* sînt solziforme şi cad de timpuriu ; ele au o structură simplă, în mezofilul lor omogen fiind vizibile două fascicule conducătoare foarte mici ; canalele secretoare lipsesc.

Abies alba are frunze aciculare, uşor lăţite şi emarginate la vîrf, cu două dungi albe pe faţa inferioară. Secţiunea prin frunză are forma literei „V“ cu braţele foarte depărtate şi un şanţ adaxial mic. Celulele epidermice au pereţii externi foarte îngroşaţi. Hipoderma sclerenchimatică este discontinuă pe ambele feţe ale frunzei, exceptînd marginile, unde este continuă. Cele două canale rezinifere sînt localizate la marginea frunzei, imediat sub hipoderma abaxială. Cele două fascicule conducătoare sînt mici şi mai mult sau mai puţin apropiate între ele, împlîntate într-un parenchim de transfuzie, totul fiind înconjurat de o endodermă de tip primar (celulele avînd vizibile îngroşările lui Caspary). Mezofilul este diferenţiat în ţesut palisadic sub epiderma superioară şi ţesut lacunos sub cea inferioară, deci frunza are o structură bifacială-dorsoventrală.

Frunzele de *Larix decidua* sînt aciculare, moi, dispuse în fascicule şi cad în timpul iernii ; ele au contur semicircular sau semieliptic în secţiune transversală şi posedă hipodermă numai în dreptul cilindrului central şi la margini ; tot aici se află şi cele două canale rezinifere. Frunza are o structură bifacială mai mult sau mai puţin dorsoventrală, îndeosebi celulele ţesutului lacunos avînd pereţii septaţi. Cele două fascicule conducătoare sînt mici, apropiate între ele şi înconjurate de o endodermă comună de tip primar.

Frunzele de *Picea excelsa (P. abies)* şi *Taxus baccata* sînt tot aciculare, ceva mai late la specia din urmă, cu patru muchii şi de formă mai mult sau mai puţin romboidală în secţiune transversală la *Picea,* ori de forma celor de la *Abies,* la *Taxus*. Hipoderma este continuă. Mezofilul este mai mult sau mai puţin omogen, format din celule uşor alungite radiar, deci perpendicular pe epidermă. *Taxus baccata* nu are canale rezinifere, iar la *Picea excelsa* se disting unul—două canale rezinifere mici, dispuse paralel cu fasciculele conducătoare, imediat sub epidermă ; celulele acesteia din urmă sînt mici, cu pereţii externi foarte îngroşaţi. Stomatele au o structură tipic xeromorfă, iar endoderma este de tip primar. Structura frunzei este deci bifacială-ecvifacială.

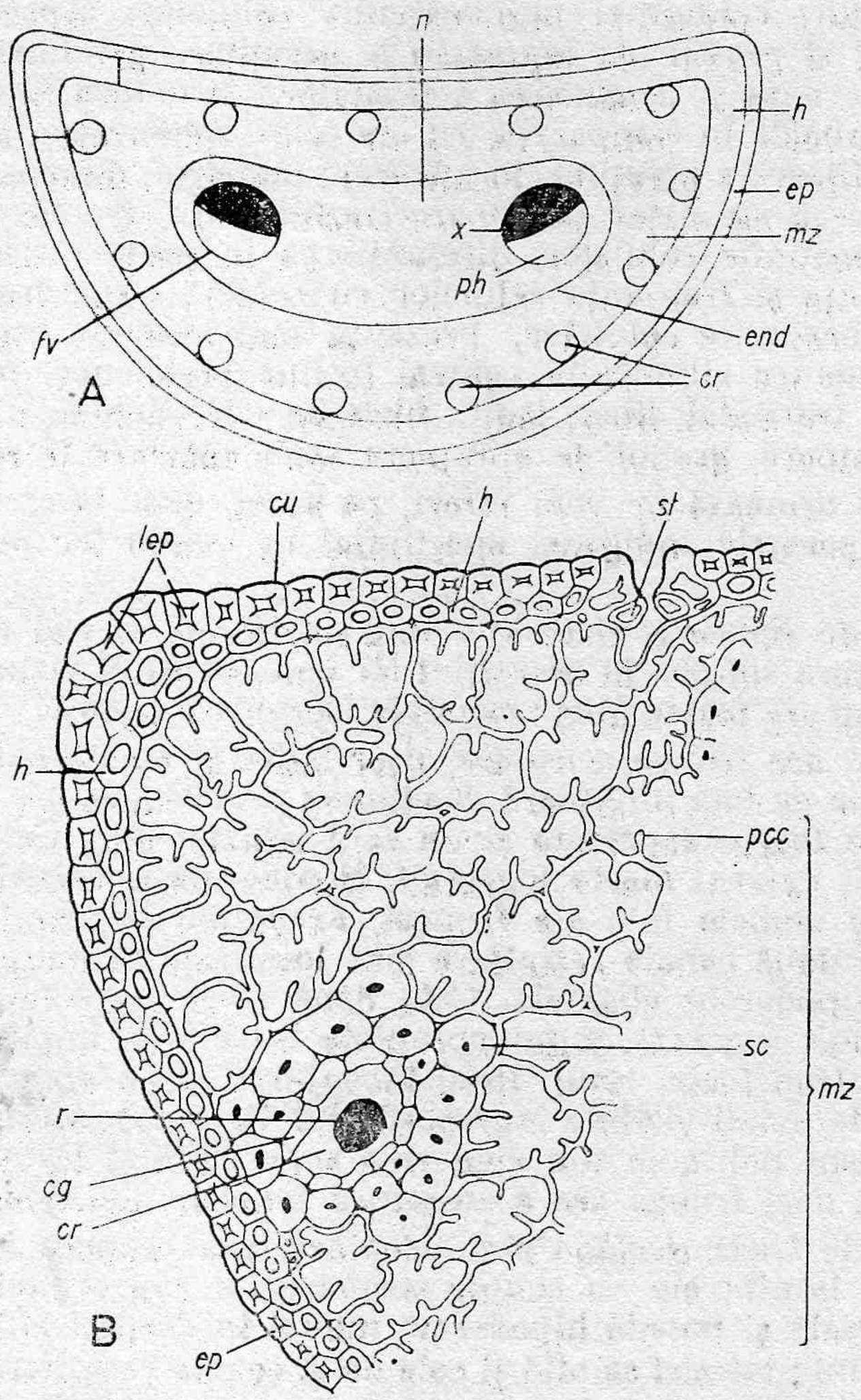


Fig. 182. Structura frunzei de *Pinus silvestris* în secţiune transversală (*A* — schemă ; *B* — detaliu) :

cr — canal rezinifer; *cg* — celule glandulare; *cu* — cuticulă; *end* — endodermă; *ep* — epidermă; *fv* — fascicul vascular; *h* — hipodermă; *lep* — lumenul celulei epidermice; *mz* — mezofil septat; *n* — nervură; *pcc* — perete celular cutat; *ph* — floem; *r* — rezine; *sc* — sclerenchim; *st* — stomată; *x* — xilem (după Kaussmann).

Frunzele de *Pinus silvestris* sînt grupate cîte două la capătul unor microblaste şi au secţiunea de formă semicirculară (fig. 182). Hipoderma este continuă, iar celulele epidermice au toţi pereţii foarte îngroşaţi. Stomatele au structură tipic xeromorfă, prezentînd o cameră suprastomatică înaltă. Mezofilul este omogen, format din celule septate (cu braţe) ; în mezofil sînt implîntate mai multe (5—12) canale rezinifere, înconjurate fiecare de cel puţin un strat de celule sclerenchimatice. Fasciculele conducătoare, în număr de două, sînt vizibil depărtate între ele, înconjurate

de o endodermă comună de tip primar. Structura frunzei este deci bifacială-ecvifacială.

La *Juniperus communis* frunzele sînt tot aciculare, dar scurte, liniar-subulate, dispuse cîte 3 în verticil. Secţiunea are formă trapezoidală, semieliptică sau semicirculară, cu hipodermă aproape continuă. Prezintă un singur canal rezinifer şi un singur fascicul conducător. Mezofilul este diferenţiat în ţesut palisadic (sub epiderma inferioară) şi ţesut lacunos (sub epiderma superioară), deci structura frunzelor este bifacială cu dorsoventralitate inversă.

4.8.5.4. STRUCTURA FRUNZEI LA ANGIOSPERMAE *

Histogeneza limbului foliar. Diferitele ţesuturi care alcătuiesc structura limbului provin din activitatea meristematică a *iniţialelor marginale şi submarginale* ale primordiului foliar.

Epiderma, fie simplă, fie stratificată, derivă din stratul extern al primordiului foliar (rezultat din activitatea iniţialelor marginale), care funcţionează ca un meristem plan, celulele lui componente divizîndu-se anticlinal şi răspunzînd astfel nevoii de a urma extinderea mezofilului. Din loc în loc, la anumite plante, se vor forma stomate şi peri (tectori şi secretori).

Mezofilul sau parenchimul asimilator îşi are originea în iniţialele submarginale şi diferenţierea lui începe în direcţie longitudinală, de la vîrf spre baza limbului (deci bazipetal), iar în direcţie transversală de la nervura mediană spre margine. Ca un prim indiciu al diferenţierii poate fi considerat formarea spaţiilor intercelulare (care precede de regulă formarea stomatelor) şi care începe de pe faţa dorsală, continuîndu-se spre cea ventrală). Celulele încep să se vacuolizeze şi să se rotunjească la colţuri.

Nervurile se diferenţiază pe seama activităţii procambiului ; acesta este mai vizibil în cazul nervurilor principale şi se diferenţiază în funcţie de specia luată în consideraţie : fie atunci cînd apar primele diviziuni periclinale (*Liriodendron tulipifera*), fie ceva mai tîrziu (*Opuntia cilindrica*), fie, în sfîrşit, cînd primordiul foliar a atins o anumită înălţime (de exemplu 70 μ la *Morus alba*, 75—100 μ la *Artemisia tridentata* etc.).

Nervura principală a unei frunze tinere este însoţită lateral de trahee scurte, localizate în faţa lobulilor secundari şi care constituie sistemele nodale. Cînd lobii limbului ating o anumită dezvoltare, două trahee corespondente spiralate se formează în direcţia lor, constituind nervurile secundare sau de ordinul doi. Nervurile de ordinul trei iau naştere în acelaşi mod ş.a.m.d. Diferenţierea ar fi astfel *nodifugă* şi aparatul vascular al frunzei s-ar diferenţia în etape succesive, formînd sisteme nodale noi.

Părţile mai îngroşate ale limbului foliar, care însoţesc îndeosebi nervura mediană, se datoresc activităţii unui cambiu ce se formează între liberul şi lemnul primar, producînd ţesuturi secundare ; are loc, aşadar, o creştere secundară a limbului.

---

* În mod detaliat, structura diferitelor ţesuturi care intră în alcătuirea frunzei a fost prezentată în capitolul Histologie.

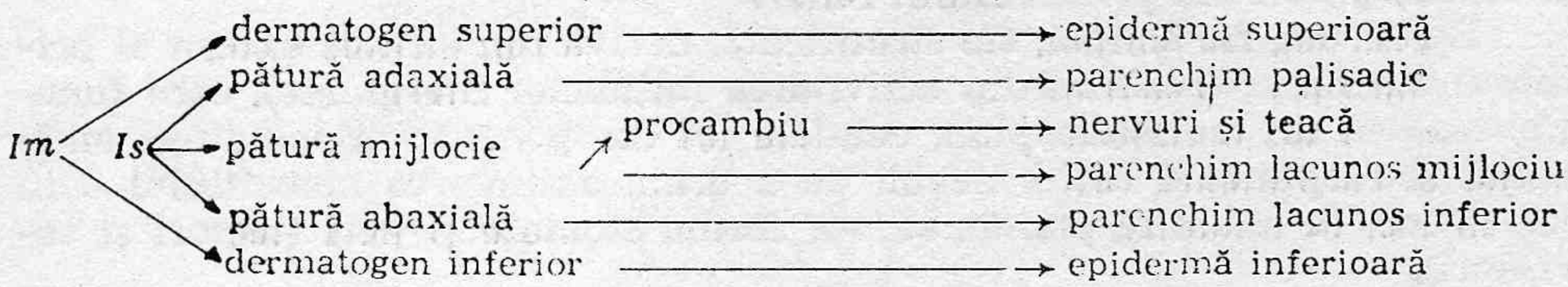
Frunzele subțiri (*Elodea*) și unele frunze solzoase (*Rhododendron ponticum*) se formează numai din activitatea dermatogenului.

În concluzie, în stare embrionară limbul este compus dintr-un anumit număr de straturi celulare meristematice care se diferențiază mai tîrziu în epidermă, mezofil și fascicule conducătoare. Aceste diverse straturi sînt născute dintr-un meristem marginal în care se pot separa *inițialele marginale* (*Im*), care dau naștere dermatogenului superior și inferior și *inițialele submarginale* (*Is*), mai interne, a căror comportare ulterioară variază după specie.

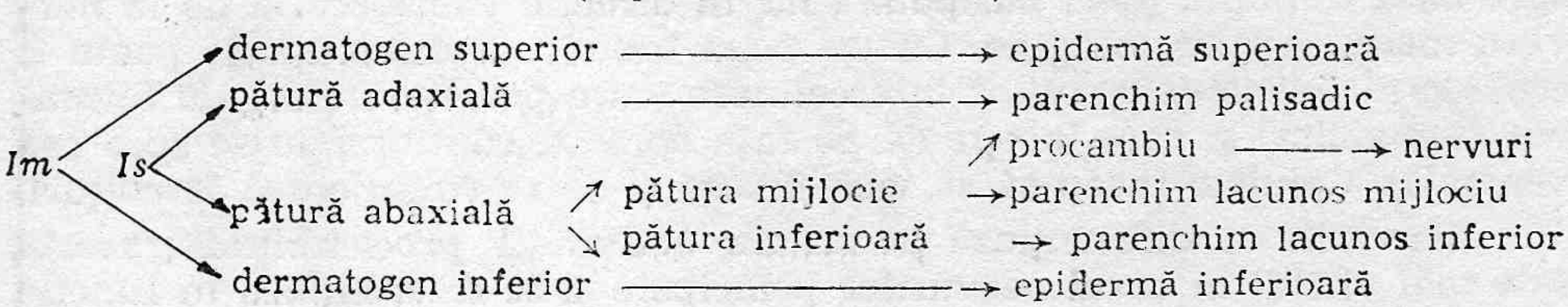
Din tabelul II se observă că întotdeauna din *inițialele marginale* (*Im*) rezultă dermatogenul, care prin evoluție ulterioară va da naștere celor două *epiderme* : superioară și inferioară. Din *inițialele submarginale* (*Is*)

TABELUL II

A. Schema diferențierii limbului foliar la *Nicotiana tabacum*
(după Ed. Boureau)



B. Schema diferențierii limbului foliar la *Carya buckleyi*
(după Ed. Boureau)



sau subepidermice rezultă în final mezofilul. În primul caz (ex. *Nicotiana tabacum*) inițiala submarginală se divide dînd o celulă internă *B* și o celulă externă *A* ; cea internă va da stratul sau straturile mijlocii ale limbului (ce se vor diferenția atît în parenchim lacunos, cît și în procambiu, din acesta rezultînd nervurile), iar cea externă se va divide din nou, dînd straturile adaxial (ce se va diferenția în parenchim palisadic) și abaxial (ce se va diferenția în parenchim lacunos).

În al doilea caz (ex. *Carya buckleyi*) din inițiala submarginală rezultă cele două straturi : adaxial (care prin diferențiere va da parenchimul palisadic) și abaxial ; acesta, la rîndul lui va forma alte două straturi : unul mijlociu (din care prin diferențiere vor rezulta procambiul și o parte din parenchimul lacunos) și altul inferior (din care prin diferențiere va rezulta numai parenchim lacunos).

Structura limbului la frunzele mature. a) *Frunzele bifaciale heterofaciale* sau *dorsoventrale* (ex. *Ranunculus acer*, *Beta vulgaris*, *Trifolium pratense* ș.a.) prezintă cele două epiderme diferit structurate și mezofilul diferențiat în parenchim palisadic spre fața adaxială (superioară, ventrală) și parenchim lacunos spre fața abaxială (inferioară, dorsală).

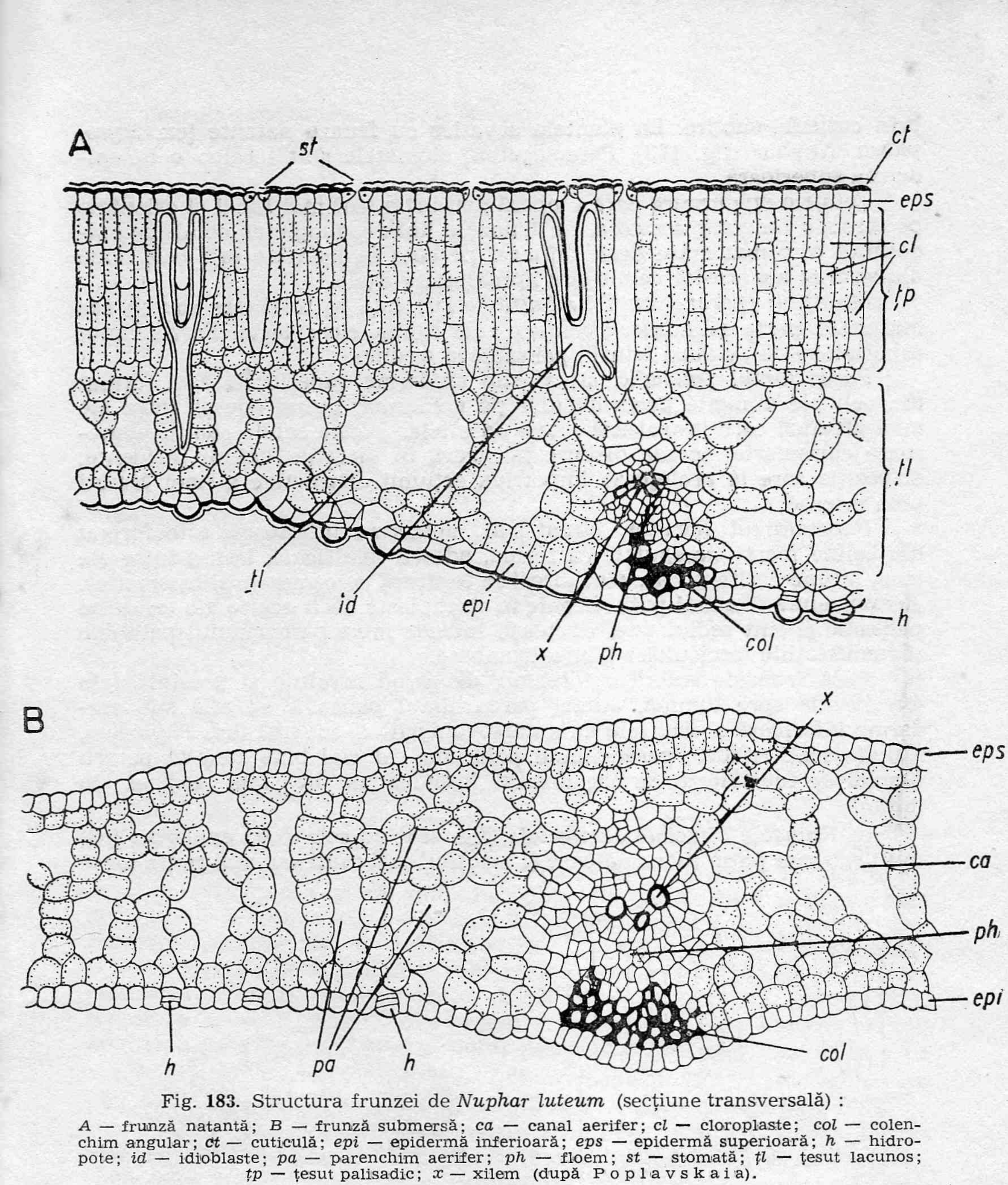


Fig. **183.** Structura frunzei de *Nuphar luteum* (secțiune transversală) :
A — frunză natantă; *B* — frunză submersă; *ca* — canal aerifer; *cl* — cloroplaste; *col* — colenchim angular; *ct* — cuticulă; *epi* — epidermă inferioară; *eps* — epidermă superioară; *h* — hidropote; *id* — idioblaste; *pa* — parenchim aerifer; *ph* — floem; *st* — stomată; *țl* — țesut lacunos; *țp* — țesut palisadic; *x* — xilem (după P o p l a v s k a i a).

Epiderma. La majoritatea plantelor lemnoase (ex. *Quercus, Fagus, Betula, Carpinus* ș.a.) stomatele sînt localizate exclusiv în epiderma inferioară ; la plantele ierbacee ele sînt, ca și perii, mai numeroase în epiderma inferioară. Totuși, există plante (de ex. *Leguminosae, Gramineae* ș.a.) la care stomatele sînt mai numeroase în epiderma superioară. La plantele acvatice submerse (ex. *Elodea, Myriophyllum* ș.a.) nu există niciodată stomate ; schimburile gazoase între plantă și gazele dizolvate în apă se fac

prin cuticula subţire. La plantele acvatice cu frunze natante [ex. *Nymphaea, Nuphar* (fig. 183), *Potamageton*] stomatele sînt localizate în epiderma superioară.

Celulele epidermice care acoperă nervurile sînt mai lungi şi orientate pe direcţia lungimii acestora. La frunzele liniare, lungimea celulelor epidermice este mai mare decît lăţimea, pe cînd la frunzele late cele două dimensiuni ale acestor celule sînt aproximativ egale.

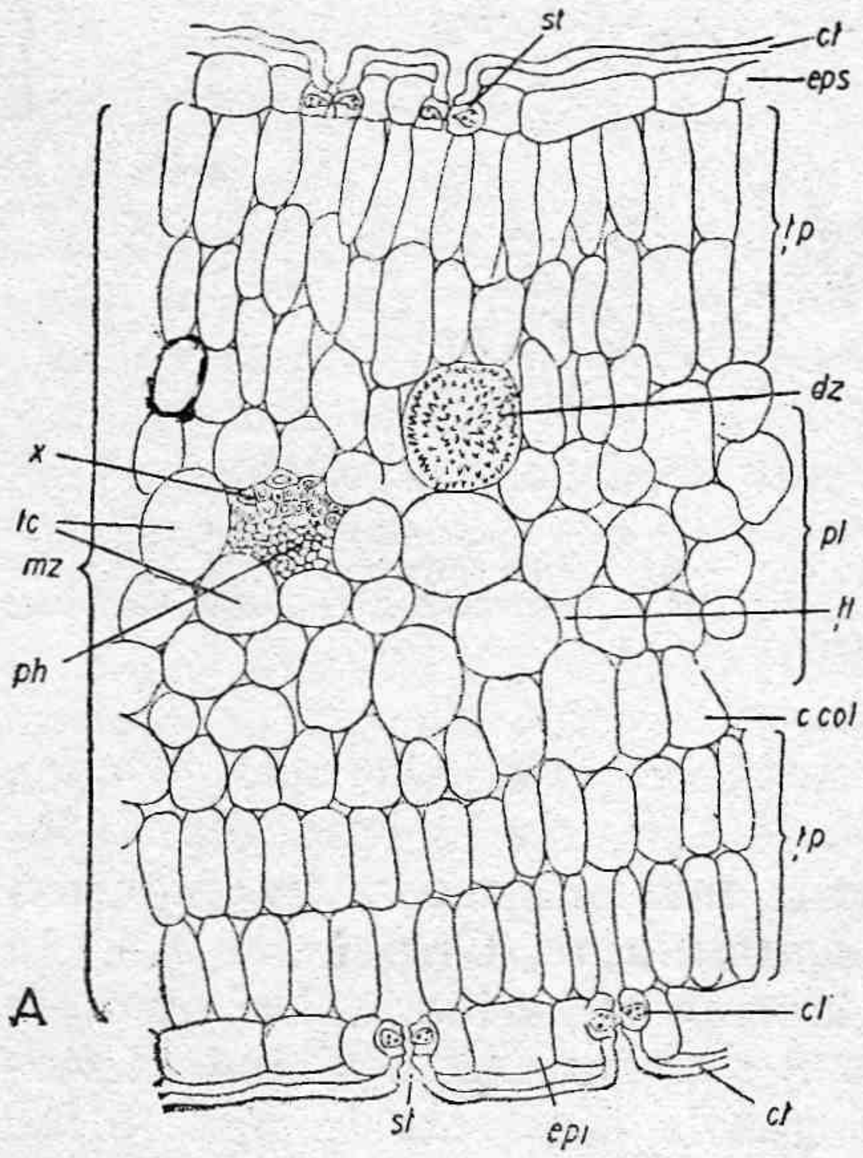
Mezofilul (parenchimul limbului foliar) este în totalitate sau în cea mai mare parte asimilator ; celulele sale conţin cloroplaste. Parenchimul asimilator este de două feluri : palisadic şi lacunos.

Parenchimul palisadic, situat sub epiderma superioară, este format din celulele alungite perpendicular pe epidermă, lăsînd adesea între ele mici meaturi care le izolează unele de altele. Aceste celule conţin numeroase cloroplaste, adesea dispuse în şiruri, în direcţia luminii incidente, dispoziţie care le protejează împotriva acţiunii distructive a unei lumini prea intense.

Parenchimul lacunos, situat sub epiderma inferioară, este format din celule foarte neregulate ca formă, adesea ramificate, lăsînd între ele mari lacune aerifere, care sînt direct în legătură cu camerele substomatice. Aceste celule sînt mai puţin bogate în cloroplaste decît acelea ale ţesutului palisadic şi sînt sediul unei circulaţii intense între parenchimul palisadic şi ramificaţiile fasciculelor libero-lemnoase.

Dacă frunzele suferă o torsiune, devenind involute şi prezintă faţa lor dorsală spre lumină, atunci parenchimul palisadic se află sub epiderma inferioară şi frunzele au o dorsoventralitate inversă (ex. *Thymelea, Tafalla* ş.a.). Aşadar, parenchimul palisadic, cel mai bine adaptat pentru funcţia de fotosinteză, se organizează întotdeauna pe faţa expusă la lumină.

b) *Frunzele bifaciale ecvifaciale* (fig. 184) au cele două epiderme mai mult sau mai puţin asemănătoare şi meofilul mai mult sau mai puţin iden-



A

Fig. 184. Structura frunzei ecvifaciale în secţiune transversală :

A — Dianthus caryophyllus; B — Reaumuria hirtella; *ccol* — celule colectoare; *cl* — cloroplaste; *ct* — cuticulă; *dz* — druză (ursin) de oxalat de calciu; *epi* — epidermă inferioară; *eps* — epidermă superioară; *mz* — mezofil; *n* — nervuri; *ph* — floem; *pl* — parenchim lacunar; *st* — stomată; *tc* — teacă fasciculară parenchimatică; *ţl* — ţesut lacunos; *ţp* — ţesut palisadic; *x* — xilem (*A* : după I. Morlova; *B* : după Strasburger).

tic alcătuit sub acestea. În cele mai multe cazuri sub ambele epiderme se dezvoltă parenchim palisadic, iar la mijloc parenchim lacunos [ex. *Aster tripolium* — steluța, *Medicago falcata, Astragalus virgatus, Dianthus carthusianorum* (fig. 184, A), specii de *Eucalyptus, Cassia acutifolia* etc.] ; spune atunci că structura este centric-heterogenă. În alte cazuri mezofilul prezintă o structură sensibil omogenă și este constituit în întregime din celule mai mult sau mai puțin izodiametrice, luînd în totalitate aspectul parenchimului lacunos (ex. *Aloe succotrina, Viscum album, Chlorophytum steinbergianum, Jasione montana)* ; se spune atunci că structura este centric-omogenă. În sfîrșit, sînt și plante la care mezofilul are o structură cu caracter tranzitoriu de la tipul ecvifacial la cel heterofacial (dorsoventral), parenchimul palisadic fiind mai dezvoltat sub epiderma adaxială (ex. *Latyhrus maritimus, Silene maritima* și alte plante litorale) (fig. 185).

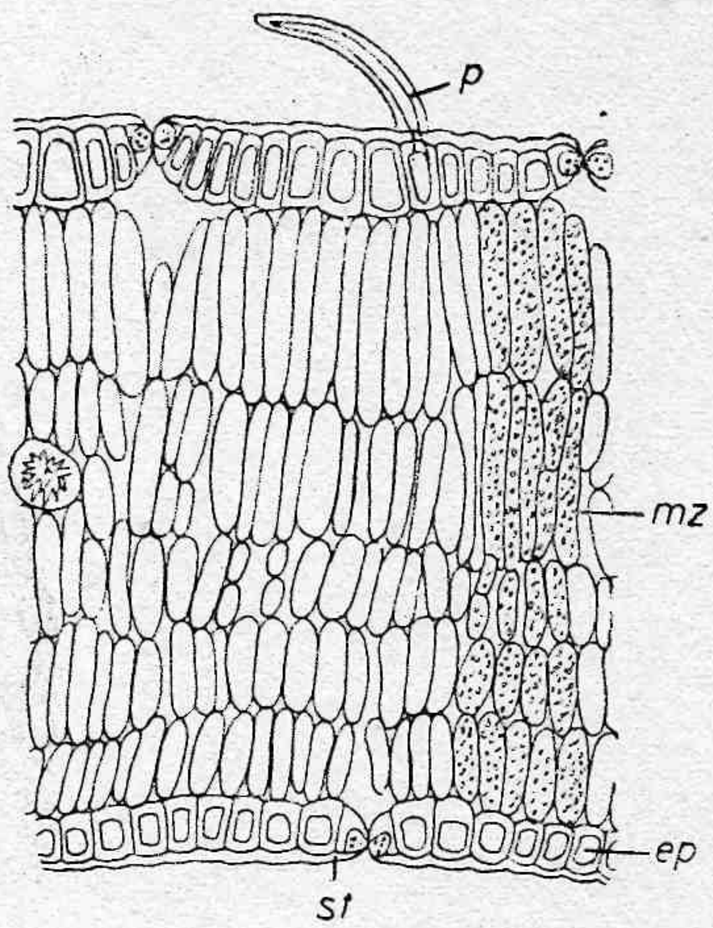


Fig. **185.** Structura frunzei ecvifaciale de *Pistacia* sp. (secțiune transversală) :

ep — epidermă; *mz* — mezofil; *p* — păr tector; *st* — stomată (după Aleksandrov).

Pentru explicarea structurii frunzelor ecvifaciale s-au invocat mai multe cauze : ariditatea stațiunii, conținutul ridicat în săruri ai solului, insolația puternică, albedo-ul puternic al nisipului plajelor. În urma numeroaselor studii făcute pînă în prezent s-a ajuns la concluzia că această structură are o răspîndire mai generală și deci nu se poate considera ca fiind legată numai de stațiuni aride. Adesea, frunzele cu o astfel de structură sînt orientate vertical, deci mai mult sau mai puțin paralel cu tulpina, așa încît ambele lor fețe sînt aproape uniform iluminate ; în acest caz structura ne apare condiționată de distribuția și intensitatea factorului lumină pe cele două fețe ale limbului foliar. Se cunosc însă și plante care au frunzele orientate oblic sau chiar orizontal, deci mai mult sau mai puțin perpendicular față de tulpină și care au tot o structură ecvifacială ; este cazul mai ales al plantelor care cresc pe plaje și dune, unde și lumina reflectată de suprafața de culoare deschisă a substratului influențează structura limbului, determinînd organizarea parenchimului palisadic și sub epiderma inferioară (ex. *Convolvulus persicus, Alyssum borzaeanum* ș.a.).

c) *Frunzele monofaciale* (ex. *Iris germanica, Gladiolus imbricatus* ș.a.). Făcînd secțiuni succesive în lungul unei frunze de *Iris* (fig. 186), începînd de la teacă, se observă trecerea de la structura bifacială la cea monofacială. Într-adevăr, în partea sa bazală frunza are o structură bifacială, însă fața adaxială, mai puțin dezvoltată, este concavă, iar cea abaxială, mai dezvoltată, este convexă. La nivelurile următoare se observă micșorarea treptată a feței adaxiale, în favoarea celei abaxiale ; în cele din urmă fața adaxială se reduce complet, iar marginile feței abaxiale se unesc.

Frunza monofacială analizată mai sus este comprimată în planul median și se numește ensiformă ; cele două unghiuri ascuțite se află în planul ei median.

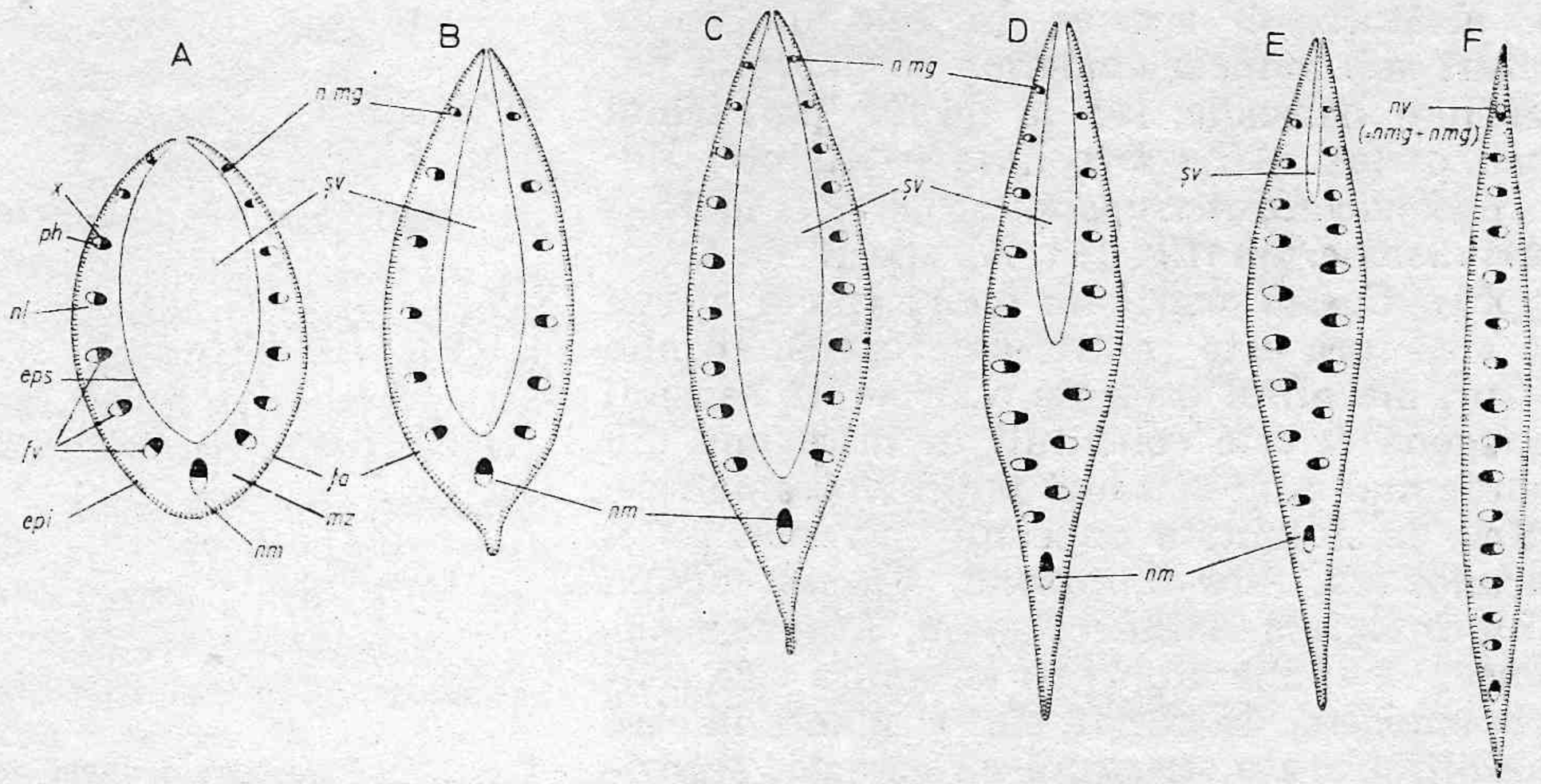


Fig. **186.** Trecerea de la structura bifacială invers dorsoventrală la structura monofacială a frunzei de *Iris germanica* (*A—F* : schemele secțiunilor transversale succesive) :

epi — epidermă inferioară; *eps* — epidermă superioară; *fv* — fascicul vascular; *mz* — mezofil; *nl* — nervură laterală; *nm* — nervură mediană; *nmg* — nervuri marginale; *nv* — nervură ventrală; *ph* — floem; *șv* — șanț ventral; *ța* — țesut asimilator; *x* — xilem (după I. T. Tarnavschi și colab.).

La unele specii de *Allium (A. montanum, A. odorum, A. porum),* frunzele sînt comprimate în planul transversal în care se află unghiurile ascuțite ; frunza are aspectul unei benzi sau curele, fiind asemănătoare ca formă cu frunza bifacială (v. fig. 28).

Frunzele monofaciale ale multor orhidee epifite au formă cilindrică, însă pe fața lor superioară se mai păstrează un jgheab îngust (rest din fața adaxială).

Unele monocotiledonate prezintă frunze cilindrice cu structură tipic monofacială în tot lungul lor (ex. *Sansevieria, Allium,* unele specii de *Juncus*). Altele au fie numai extremitatea frunzei cilindrică (ex. *Ornithogalum caudatum*), fie numai vîrful acesteia concrescut în formă de capișon (ex. *Hyacinthus*).

Structura parenchimului asimilator diferă la frunzele monofaciale : el poate fi omogen, de tip lacunos ex. [*Iris*, (fig. 187) *Gladiolus*] sau diferențiat în țesut palisadic sub epidermă și țesut lacunos spre centru (la frunzele fistuloase).

Țesutul mecanic al limbului foliar (fig. 188). Frunza este expusă la diferite eforturi : îndoire sub greutatea proprie, loviturile ploilor și ale vînturilor etc. ; datorită țesutului mecanic ea rezistă acestor eforturi. Țesutul mecanic din limb este reprezentat în primul rînd prin rețeaua de nervuri, care sînt însoțite adesea de cordoane colenchimatice sau sclerenchimatice, situate între fasciculele conducătoare și cele două epiderme.

La marea majoritate a dicotiledonatelor cordoanele mecanice sînt mai ales de natură colenchimatică și se dezvoltă îndeosebi la fața abaxială a limbului. La unele dicotiledonate și la monocotiledonatele cu frunze

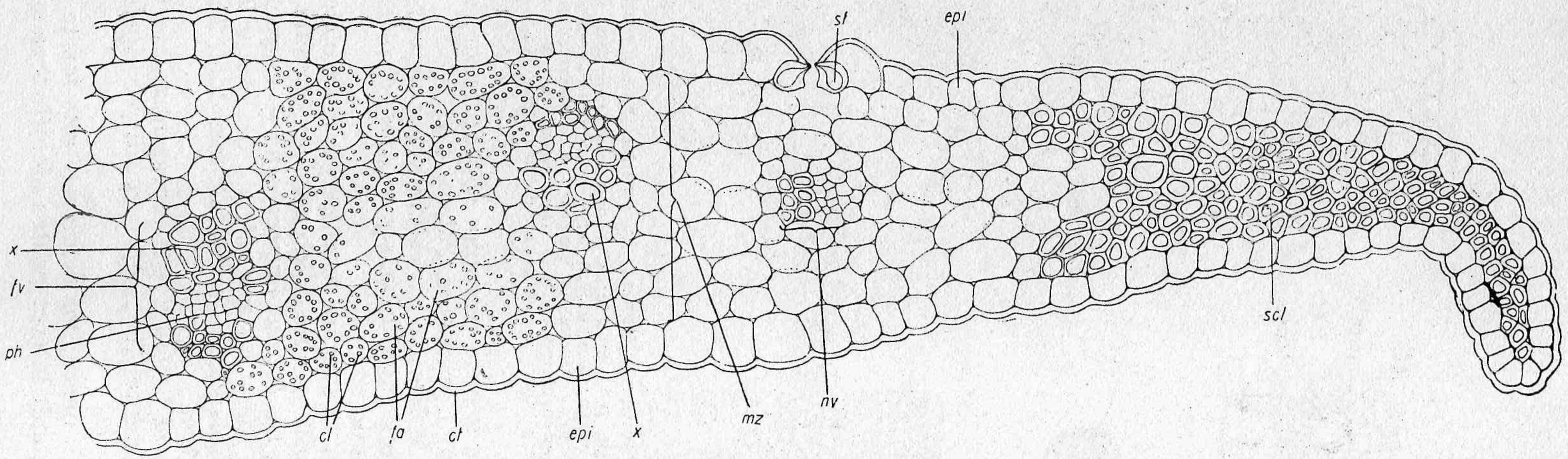


Fig. **187.** Structura monofacială tipică a frunzei de *Iris germanica* (porțiune din vîrful frunzei) :
cl — cloroplaste; *ct* — cuticulă; *epi* — epidermă inferioară; *fv* — fascicul vascular; *mz* — mezofil; *nv* — nervură ventrală; *ph* — floem; *scl* — sclerenchim; *st* — stomată; *ța* — țesut asimilator; *x* — xilem (după I. T. Tarnavschi și colab.).

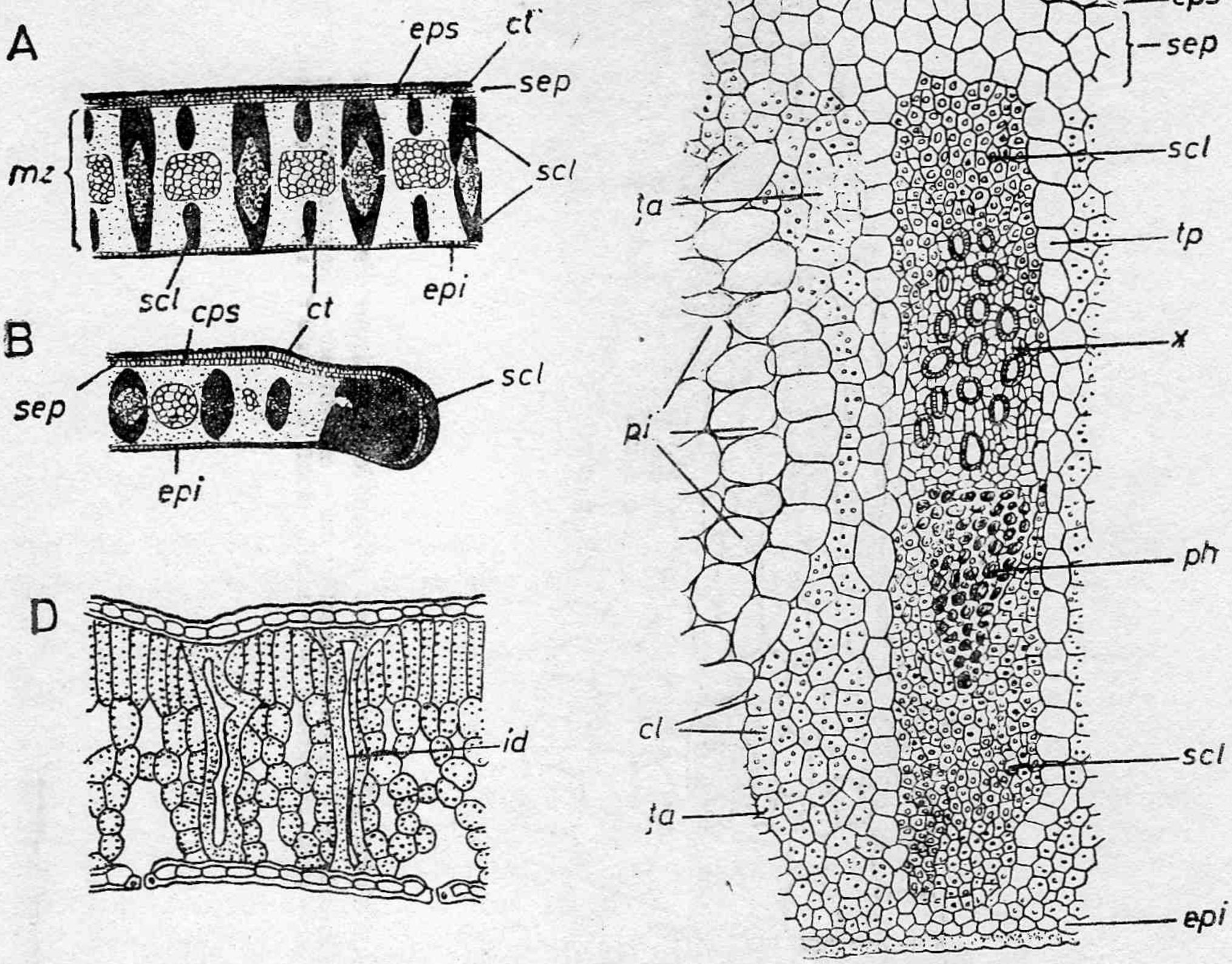


Fig. **188.** Stereomul frunzei, în secțiune transversală :

A, B ,C — Phormium tenax (*A, B* — scheme; *C* — detaliu); *D — Thea sinensis*; *cl* — cloroplaste; *ct* — cuticulă; *epi* — epidermă inferioară; *eps* — epidermă superioară; *id* — idioblaste; *mz* — mezofil; *ph* — floem; *pi* — parenchim incolor; *scl* — sclerenchim; *sep* — hipodermă (subepidermă); *tp* — teacă parenchimatică; *ța* — țesut asimilator; *x* — xilem (*A, B* : după Strasburger; *C* : după Van Tieghem; *D* : după Kaussmann).

lungi și relativ late, cordoanele mecanice sînt de natură sclerenchimatică [ex. *Gramineae* (fig. 189), *Cyperaceae*, *Palmae* ș.a.].

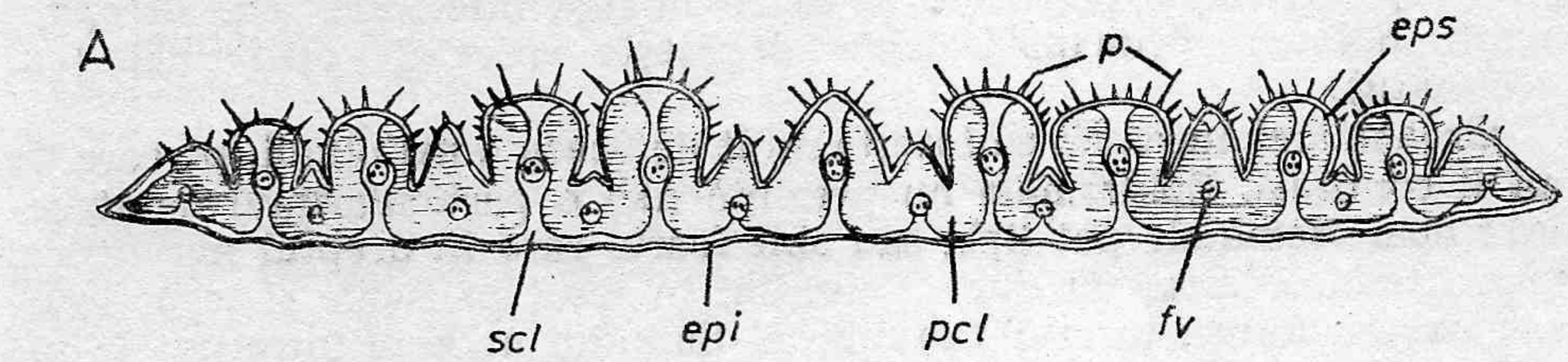
La unele plante și epiderma (cu celule avînd pereții îngroșați, lignificați și mineralizați) ori chiar hipoderma, adesea colenchimatizată sau sclerificată, au rol mecanic.

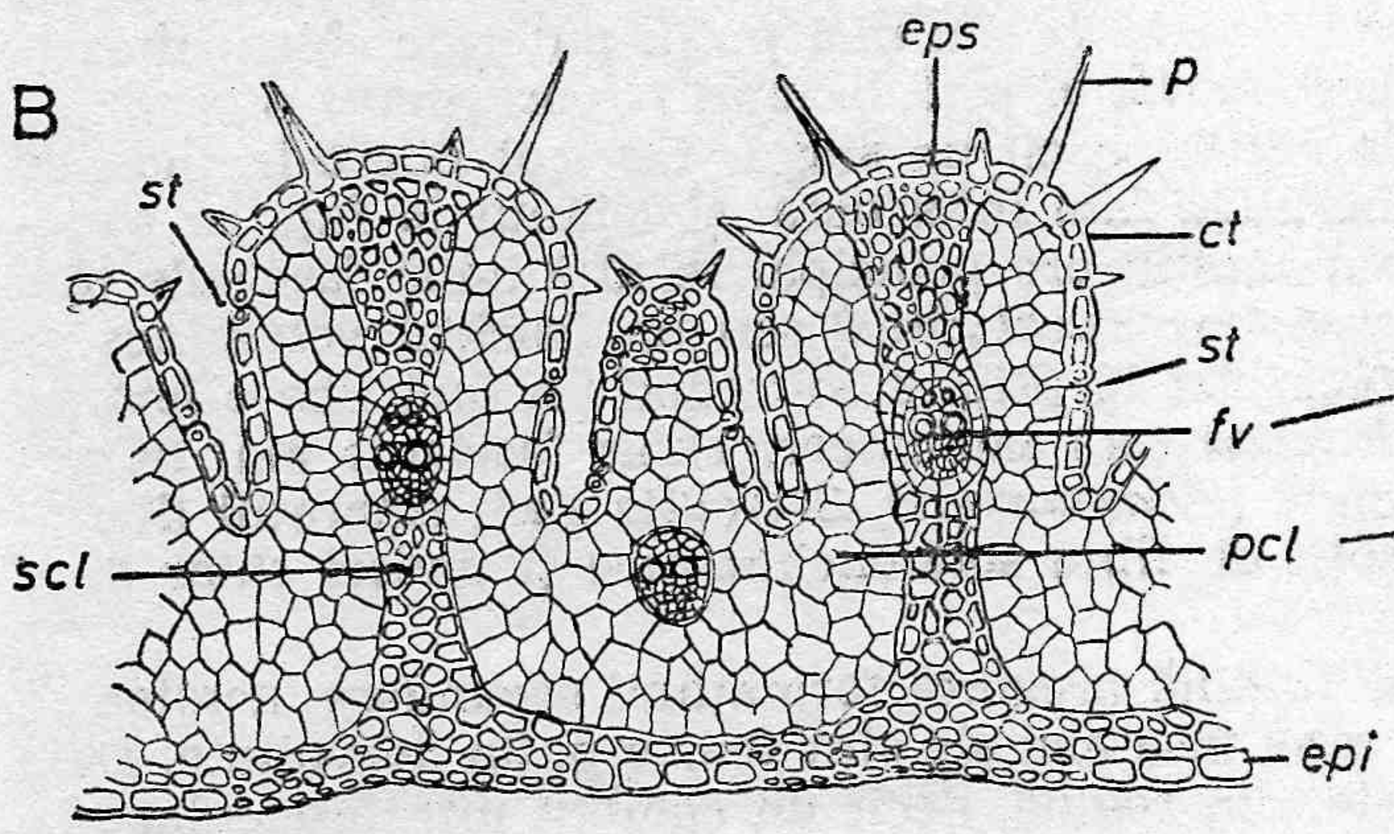
Rezistența limbului la sbîrcire se datorește și celulelor mecanice distribuite izolat în mezofil numite idioblaste [ex.*Camelia japonica, Thea sinensis* (ceai) (fig. 188, D), *Prunus laurocerasus* — laurocireș ș.a.].

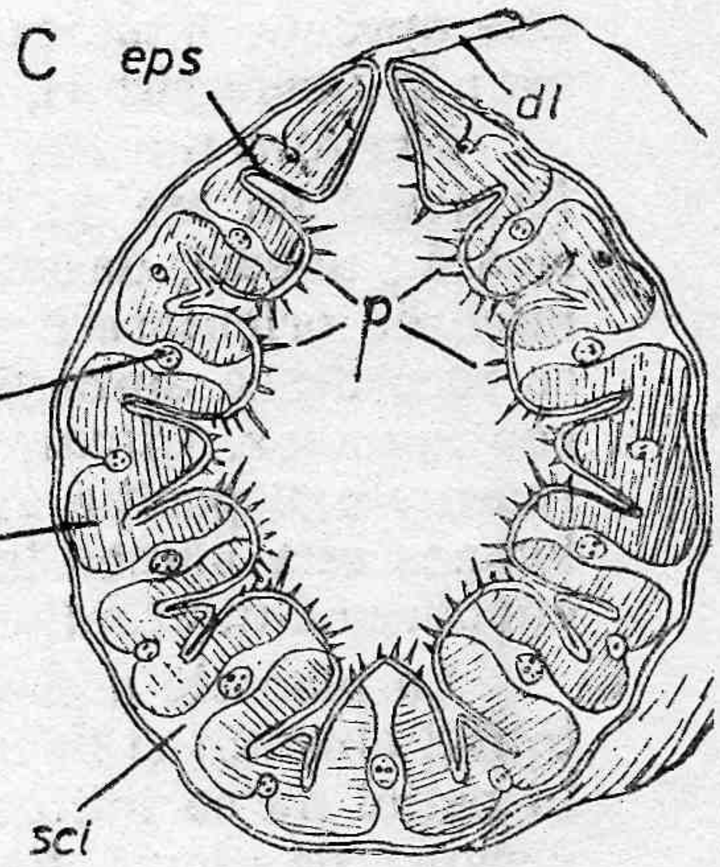
Marginea limbului foliar nu este sfîșiată de loviturile vîntului datorită fie cordoanelor de colenchim hipodermic marginal, fie dispoziției nervurilor paralel cu marginea.

Țesutul conducător al limbului este reprezentat prin nervuri care corespund unuia sau mai multor (în cazul nervurii principale) fascicule conducătoare.

Conturul exterior al nervurilor principale este foarte variabil și acest caracter prezintă un anumit interes pentru identificarea speciilor. Cel mai







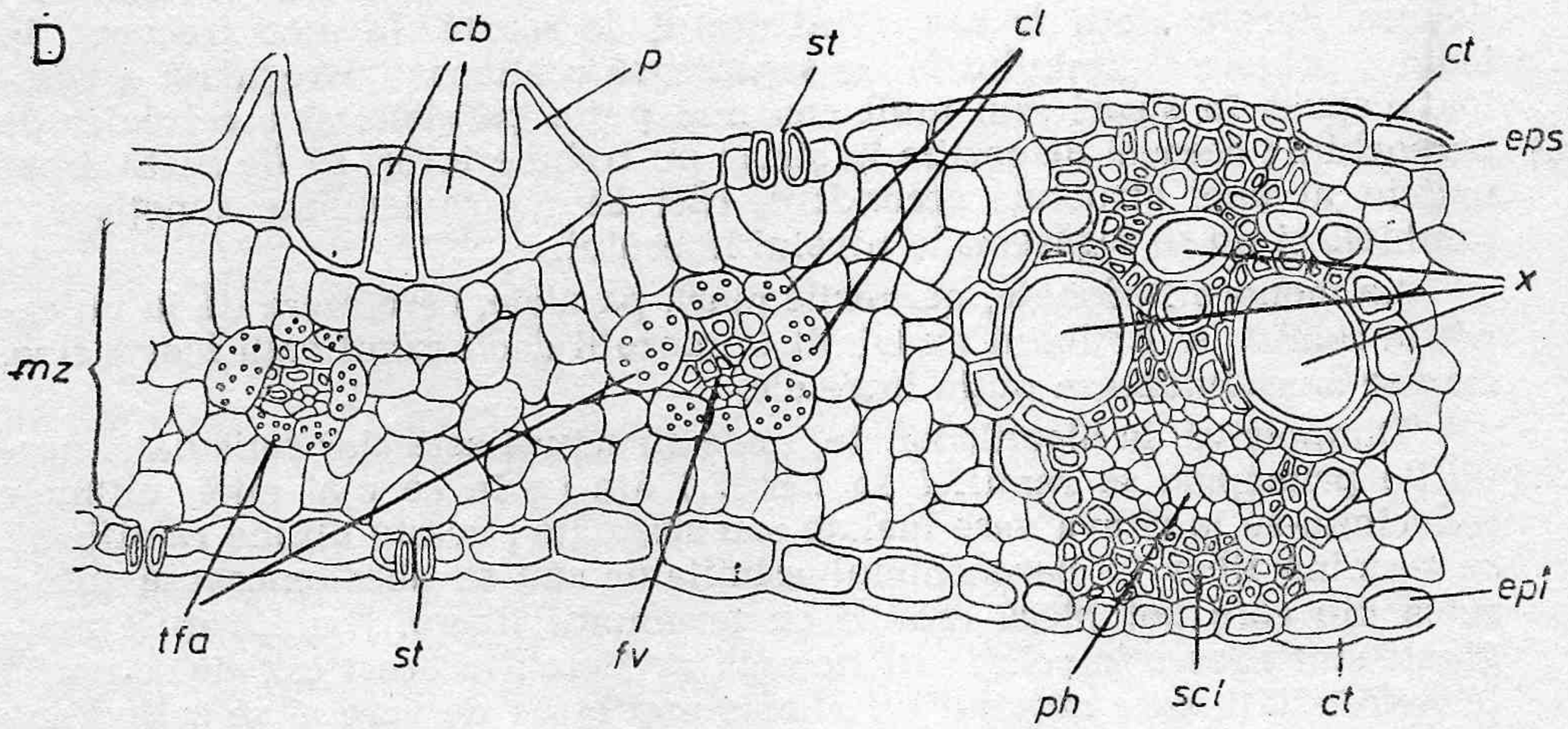


Fig. 189. Structura frunzei de *Stipa capillata* :

A — schema secțiunii transversale prin frunza plană; *B* — detaliu din structura frunzei plane; *C* — schema secțiunii transversale prin frunza răsucită; *D* — secțiune transversală prin partea laterală a frunzei de *Zea mays*; *cb* — celule buliforme; *cl* — cloroplaste; *ct* — cuticulă; *dl* — deschidere în lungul frunzei; *epi* — epidermă inferioară; *eps* — epidermă superioară; *fv* — fascicul vascular; *mz* — mezofil; *p* — peri tectori; *pcl* — parenchim clorofilian; *ph* — floem; *scl* — sclerenchim; *st* — stomată; *tfa* —teacă fasciculară asimilatoare; *x* — xilem (*A*, *B*, *C* : după Kerner; *D* : după I. Morlova).

adesea nervura principală proeminează puternic la fața inferioară a limbului ; la fața lui superioară se poate observa o depresiune (ex. *Digitalis* — degețel) sau o proeminență ca și la fața inferioară (ex. *Atropa*) ; uneori nervura principală abia depășește nivelul epidermei (ex. *Eucalyptus*).

Organizarea nervurii amintește mult de aceea a peţiolului, pe care de fapt îl continuă. Epidermele nu prezintă nici o particularitate de structură ; doar stomatele pot lipsi sau sînt foarte rare în dreptul nervurilor. Parenchimul, adesea, nu este diferenţiat în ţesut palisadic și ţesut lacunos ; uneori, totuși, ţesutul palisadic al limbului nu este întrerupt la nivelul nervurii (ex. *Cassia acutifolia*). Sub cele două epiderme, parenchimul este aproape întotdeauna mai mult sau mai puţin puternic colenchimatizat ; în unele cazuri, dimpotrivă, el este lacunos *(Hyoscyamus niger).*

Nervura nu are, de regulă, decît un singur fascicul libero-lemnos, ce formează un arc cu liberul la fața inferioară și lemnul la fața sa superioară ; uneori, deasupra acestui arc principal se află două fascicule mai mici, cu orientare inversă (ex. *Eucalyptus*) sau un fascicul voluminos ce se racordează aproape complet la primul, simulînd un inel libero-lemnos continuu (ex. *Citrus, Juglans* ș.a.) sau uneori chiar fascicule mai numeroase, de dispoziţie variată (*Hammamelis, Sterculia* ș.a.). Aparatul libero-lemnos este adesea însoţit de fibre sclerenchimatice și uneori chiar de o endodermă diferenţiată.

La plantele a căror tulpină prezintă formaţiuni secundare, acestea se întind obișnuit și în frunze, însă aici ele sînt foarte puţin dezvoltate. Deja în peţiol nu se întîlnește, din regulă, decît un cambiu intrafascicular ; în nervuri, de regulă, ţesutul cambial nu schiţează decît un început de funcţionare, durata vieţii frunzei fiind destul de scurtă. În mod frecvent, în lemnul primar al limbului foliar se observă o alternanţă regulată a vaselor, dispuse în șiruri mai mult sau mai puţin paralele, și a celulelor de parenchim ; această dispoziţie în șiruri nu trebuie totuși să fie luată drept indiciu al unei structuri secundare, căci ea nu corespunde funcţionării cambiale și nu se regăsește la nivelul liberului.

La monocotiledonate, nervurile mari, paralele, care merg de la un capăt la celălalt al limbului nu trimit în mezofil decît ramificaţii foarte fine, care se anastomozează puţin între ele.

Dimpotrivă, la dicotiledonate, unde structura este clar reticulată, nervurile principale se ramifică în nervuri din ce în ce mai mici, ultimele reducîndu-se la cîteva vase inelate sau spiralate ; aceste ultime ramificaţii se termină liber în parenchimul asimilator sau se anastomozează într-o reţea din care pot pleca ramuri cu terminaţii libere. Ramificaţiile marginale sînt adesea în relaţie cu stomate acvifere ; în acest caz ele se umflă la extremităţi, care cuprind un număr mai mare de vase și se întind sub formă de buchet la mijlocul unui masiv de celule acvifere cu pereţi subţiri și celulozici, masiv care se continuă pînă la stomata acviferă, mărginind camera substomatică.

Frunza multor graminee prezintă o serie de particularităţi proprii de structură. Astfel, epiderma este formată din celule lungi și celule scurte ; acestea din urmă sînt de trei categorii : silico-suberoase, omogene și exodermice (care produc papile, cîrlige sau peri). Pereţii tuturor celulelor epidermice sînt silicifiaţi. La multe graminee [*Stipa* fig. 189), *Arundo*,

Festuca, Agrostis — iarba cîmpului, *Zea* ș.a.], în epiderma superioară se află grupe de celule mult mai mari, bogate în apă, cu pereţi subţiri, numite *celule buliforme,* cu rol în mecanismul de răsucire a limbului pe vreme secetoasă. Stomatele se pot afla pe ambele feţe ale limbului (*Zea, Avena* ș.a.) sau numai pe cea superioară (*Festuca, Agrostis, Stipa* ș.a.). Mezofilul este de regulă omogen, cu celule izodiametrice sau uşor alungite (perpendicular faţă de epiderme sau radiar faţă de fasciculele conducătoare), deci frunza are o structură bifacială ecvifacială. Fasciculele conducătoare sînt înconjurate de o teacă compusă, obișnuit, din două straturi de celule. Pătura internă poate uneori lipsi sau se poate afla numai în zona liberului. Atunci cînd este prezentă, pătura internă amintește de endoderma terţiară a rădăcinii, jucînd un rol protector. Pătura externă are celule mult mai mari, cu pereţii subţiri și celulozici ; uneori ea este întreruptă la nivelul cordoanelor de sclerenchim (dintre fasciculele conducătoare și epiderme) și joacă rol de ţesut de transfuzie.

În sfîrșit, menţionăm și faptul că în anumite regiuni limbul poate fi lipsit de cloroplaste și constituie atunci un *ţesut acvifer* (ex. în regiunea centrală a frunzelor cărnoase). Alteori, între epiderma superioară și ţesutul palisadic se află unul sau cîteva straturi de celule cu pereţii subţiri și celulozici sau îngroșaţi și lignificaţi, care constituie o *hipodermă* a cărei prezenţă este un caracter specific important. La multe plante, în celulele mezofilului se pot găsi cristale de oxalat de calciu, celule, canale și buzunare secretoare, sclereide de diferite forme etc., toate aceste caractere avînd importanţă pentru taxonomie.

VARIAȚII ALE STRUCTURII LIMBULUI FOLIAR ÎN FUNCȚIE DE INTENSITATEA LUMINII CA FACTOR PREPONDERENT

a) *Frunzele de umbră.* Sub coronamentul pădurii și în coroana arborilor respectivi, regimul de lumină se deosebește de acela din locuri deschise, atît prin cantitatea mult mai redusă, prin calitate (mai multă radiaţie difuză și mai puţină directă), cît și prin durată (adesea nici jumătate din cea posibilă). În mediul cu umbră mai puternică sau mai slabă se modifică tot ansamblul de factori abiotici și biotici care condiţionează, concomitent, umiditatea și mișcarea aerului, temperatura, relaţiile dintre diferite organisme etc.

O frunză de umbră, în comparaţie cu una de lumină de la aceeași plantă (ex. *Fagus silvatica),* este mai subţire și mai moale ; epiderma are celule cu pereţii externi mai subţiri și cei laterali mai sinuoși ; stomatele sînt în număr mai mic ; uneori celulele epidermice conţin cloroplaste ; parenchimul palisadic este unistratificat, cu celule mult mai scurte și cu spaţii aerifere mai mari între ele ; cloroplastele din celulele mezofilului sînt în număr mai redus, dar par să conţină mai multă clorofilă ; celulele parenchimului lacunos sînt adesea alungite tangenţial și lasă între ele lacune aerifere mult mai mari ; nervurile sînt mai mici și puţin proeminente la faţa inferioară a limbului, iar ţesutul mecanic este vizibil redus.

b) *Frunzele submerse.* În mediul acvatic lumina se reduce foarte mult cu adîncimea și cu gradul de puritate a apei (la 1 m ea poate ajunge de

5 ori mai redusă decît la suprafață iar la 4—5 m, de 75 ori). În acest mediu plantele se află în relații reciproce cu o serie de alți factori : presiunea hidrostatică, cantitatea diferită de oxigen și alte gaze, de săruri dizolvate, posibilitatea absorbției prin toată suprafața corpului, curenți de apă etc.

Structura frunzei la aceste plante este mult simplificată, la unele din ele (ex. *Elodea)* (v. fig. 26, C) fiind reprezentată doar prin două straturi de celule. Frunzele submerse nu au stomate, celulele epidermice conțin cloroplaste, mezofilul este omogen și alcătuit numai din parenchim lacunos, între celulele căruia se disting mari lacune și camere aerifere, care servesc la respirație și la menținerea plantelor în poziție favorabilă, țesutul conducător (îndeosebi cel lemnos) este redus, iar țesutul mecanic absent.

Așadar, structura frunzelor de umbră și a celor submerse prezintă unele trăsături comune, datorită acțiunii mai mult sau mai puțin asemănătoare a factorului lumină.

Pețiolul. Țesuturile pețiolului rezultă cel mai adesea din activitatea unui meristem intercalar, situat de cele mai multe ori la baza limbului ; în cazuri mai rare, acest meristem este localizat la baza pețiolului sau chiar în ambele poziții.

La exterior pețiolul este limitat de o *epidermă*, care o continuă pe cea a tulpinii ; în alte cazuri, baza sa poate fi sediul formării cîtorva straturi de suber care se racordează, de asemenea, cu cel al tulpinii.

Pețiolul este uneori complet cilindric, cu o structură monofacială ; alteori pețiolul poate avea structură mai mult sau mai puțin bifacială, suferind o comprimare secundară (*Tropaeolum, Monstera, Caltha*) ; cel mai adesea însă față adaxială este plană sau prevăzută cu un șanț ori o depresiune mai mică, pețiolul avînd în secțiune transversală un contur semicircular, semieliptic, semilunar, cordiform, de forma literelor „V“ sau „U“.

Sub epidermă urmează *parenchimul fundamental*, continuare a celui din tulpină, în care sînt repartizate fasciculele libero-lemnoase. Acest parenchim este clorofilian, cel puțin în zona sa externă, însă de regulă nu se prezintă sub formă de țesut palisadic.

Susținerea și deci rigiditatea pețiolului este dată de țesutul colenchimatic, situat imediat sub epidermă și de fasciculele de fibre mecanice care însoțesc aparatul conducător.

Numărul *fasciculelor libero-lemnoase* variază foarte mult, fiind mai mare la familiile considerate ca primitive (*Magnoliaceae, Ranunculaceae*), la *Amentales* și la majoritatea apetalelor ; el este, de asemenea, ridicat — ca și în tulpină — la *Monocotyledonatae*. Dimpotrivă, se găsesc și pețioluri cu un singur fascicul sau cu fascicule puține (majoritatea gamopetalelor, rozaceelor, leguminoaselor etc.).

Cînd fasciculul este unic, el este dispus ca și în nervura limbului, liberul fiind situat spre fața inferioară (abaxială). Cînd fasciculele sînt numeroase, ele pot forma un arc (dimensiunile fasciculelor diminuîndu-se plecînd de la fasciculul central) sau un cerc continuu (*Aesculus hippocastanum*) ; în plus, structura se poate complica prin formarea de fascicule suplimentare, dispuse la exteriorul arcului sau a cercului, ori la interiorul lui.

Distribuția fasciculelor variază dealtfel mult în lungul pețiolului, de aceea trebuie avut întotdeauna în atenție nivelul la care s-au făcut secțiunile, atunci cînd dorim să caracterizăm o specie după structura acestei

părți foliare ; deci trebuie studiate secțiuni comparabile. După unele păreri, la capătul distal al peţiolului (sub limb) sistemul fascicular are cea mai stabilă şi mai caracteristică structură.

Oricare ar fi dispoziţia aparatului libero-lemnos, o analiză atentă va permite întotdeauna să se constate că el nu este simetric în raport cu un ax, ca la tulpină, ci în raport cu un plan care este planul de inserţie a frunzei.

În peţiolul de la unele plante (*Aesculus hippocastanum*) funcţionează şi un cambiu inelar (cilindric), care determină creşterea în grosime, dar ţesuturile secundare nu se dezvoltă prea mult, aşa cum se întîmplă la tulpină ; formarea de ţesuturi secundare încetează odată ce frunza a ajuns la completa ei dezvoltare.

4.8.5.6. CĂDEREA FRUNZELOR

La numeroase plante din zona climatică temperată frunzele apar primăvara şi cad toamna : durata lor este deci limitată la un sezon şi de aceea se numesc frunze caduce. Un caz particular îl constituie frunzele de la *Quercus*, *Fagus* ş.a., care îngălbenindu-se toamna nu cad decît în cursul iernii sau chiar la începutul primăverii următoare : aceste frunze sînt numite veştede sau ofilite. În sfîrşit, există arbori sau arbuşti a căror frunze, numite *persistente*, durează mai mulţi ani (*Buxus sempervirens*, *Hedera*

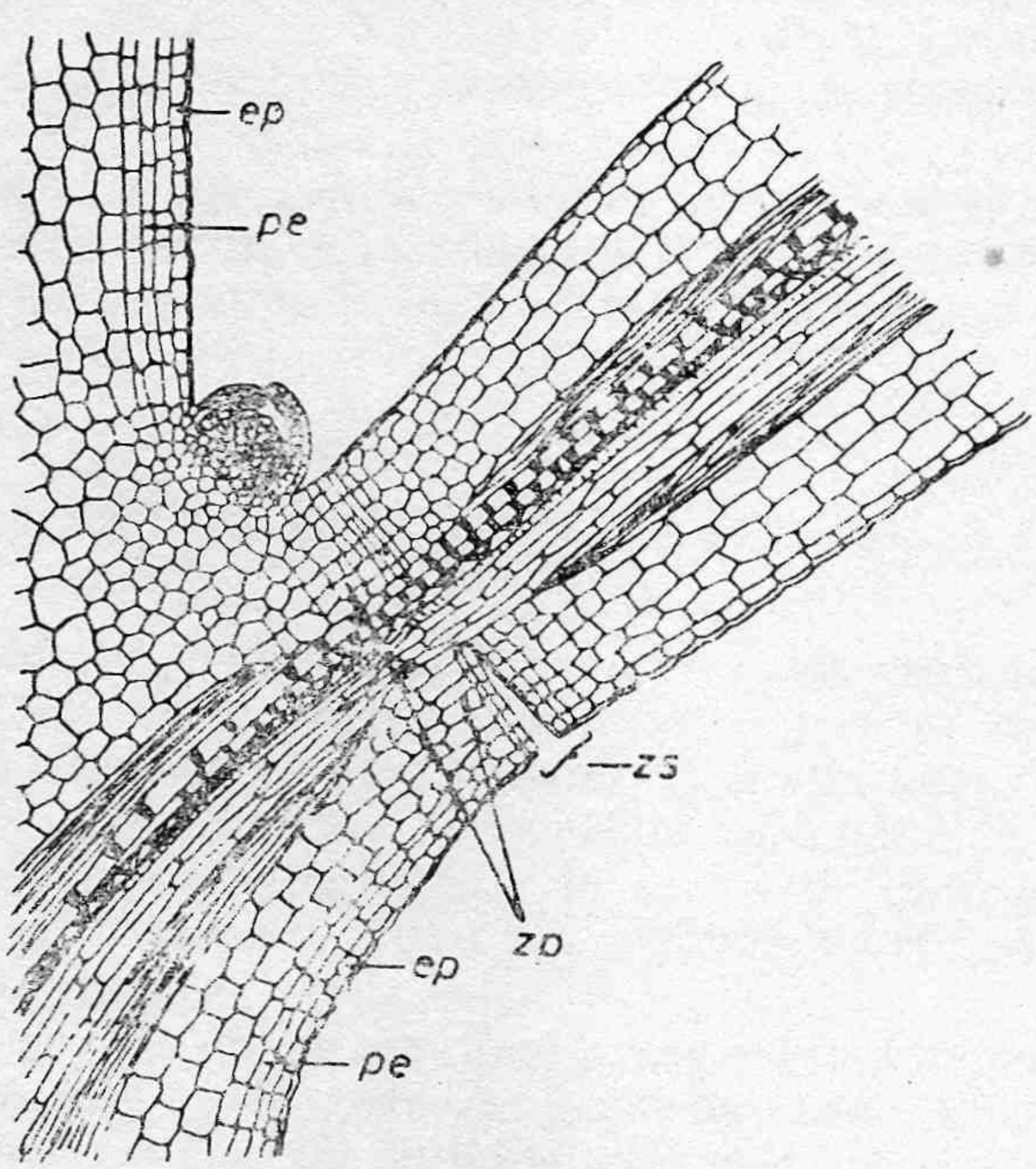


Fig. 190. Ţesut de separaţie :
ep — epidermă; *pe* — periderm; *zp* — zonă de protecţie; *zs* — zonă de separaţie (după W e i e r).

helix, Quercus, Ilex), fără a mai vorbi de marea majoritate a coniferelor de la noi).

Căderea frunzelor se datorește formării unei pături de celule, numită pătură *separatoare specială* (fig. 190). Ea este continuată de formarea unei pături protectoare, care evită uscarea țesuturilor astfel dezgolite. Pătura separatoare, formată din unul sau mai multe straturi de celule, alcătuiește o *lamă transversală îngustă*, care se întinde peste toate țesuturile de la nivelul bazei peţiolului. La momentul potrivit, deci la căderea frunzelor, lamela mijlocie a acestor celule se gelifică ; frunza nu se mai găsește în legătură cu tulpina decît prin fasciculele conducătoare și cade sub acţiunea gravitaţiei, la cea mai mică suflare de vînt, deoarece numai țesuturile conducătoare nu o mai pot susţine. Vasele lemnoase se obturează prin formarea de tile ; celelalte țesuturi sînt protejate prin apariţia unui strat de celule cu pereţii suberificaţi și lignificaţi. În cazul cel mai simplu acestea sînt celule obișnuite, care la un moment dat suferă modificările chimice amintite (*Acer, Pyrus* ș.a.). În alte cazuri celulele se divid neregulat înainte de a suferi această transformare (*Juglans, Prunus* ș.a.) sau se formează un adevărat felogen (*Salix, Populus* ș.a.) și, în sezonul următor, peridermul acestei cicatrice foliare formate va dispare în totalitate, prin formarea de noi pături de *suber de cicatrizare*.

În sfîrșit, frunzele palmierilor nu cad toate odată ci se dezagregă progresiv, lăsînd resturi ale peţiolului lor pe tulpină ; la aceste plante nu are loc formarea unei pături separatoare speciale.

Capitolul 5

METAMORFOZELE CORMULUI

Sub influenţa factorilor mediului ambiant pot apare schimbări în forma, structura şi funcţiunea organelor vegetative şi reproducătoare. Aceste modificări sau schimbări au fost urmărite la plante de unul din cei mai mari gînditori şi literaţi ai lumii, după cum şi întemeitor al morfologiei în general, W. Goethe, care în 1870 le-a dat denumirea de *metamorfoze*. Acest mare cercetător, în studiile sale s-a ocupat îndeosebi de bulbi, rizomi, liane, fasciaţiuni, de metamorfozele frunzei precum şi cele ale florii. De asemenea, W. Goethe a făcut deosebire între metamorfozele sănătoase, progresive şi cele patologice, regresive, precum şi cele ocazionale.

Reţinem deci că metamorfoza are loc ca urmare a unei modificări mai mult sau mai puţin profunde, morfologică şi structurală, determinată de schimbarea funcţiei organului în legătură cu mediul natural în care planta îşi duce viaţa.

5.1. CONVERGENŢA DE FORME

Datorită factorilor de mediu, ca de exemplu : apa, temperatura, lumina, nutriţia ş.a., înfăţişarea şi funcţia diferitelor organe se schimbă. Drept urmare, atît aspectul exterior (morfologia) cît şi structura (anatomia) organelor vegetative sînt în strînsă dependenţă de mediul în care plantele trăiesc. Astfel, în regiuni diferite, dar în care este cam aceeaşi climă, plantele se prezintă fizionomic unitar ; în regiunile cu climat diferit, plantele au înfăţişare diferită.

Modificările ce apar duc la aşa-numita *convergenţă de forme* (fig. 191), adică specii din familii îndepărtate din punct de vedere filogenetic, trăind în condiţii similare, capătă mai mult sau mai puţin acelaşi aspect. Forme de convergenţă concludente pot fi menţionate la specii de *Cereus, Euphorbia, Heurnia, Senecio* (cruciuliţă), *Cissus* ş.a., la care se constată asemănări destul de pregnante în ceea ce priveşte habitusul sau aspectul lor exterior.

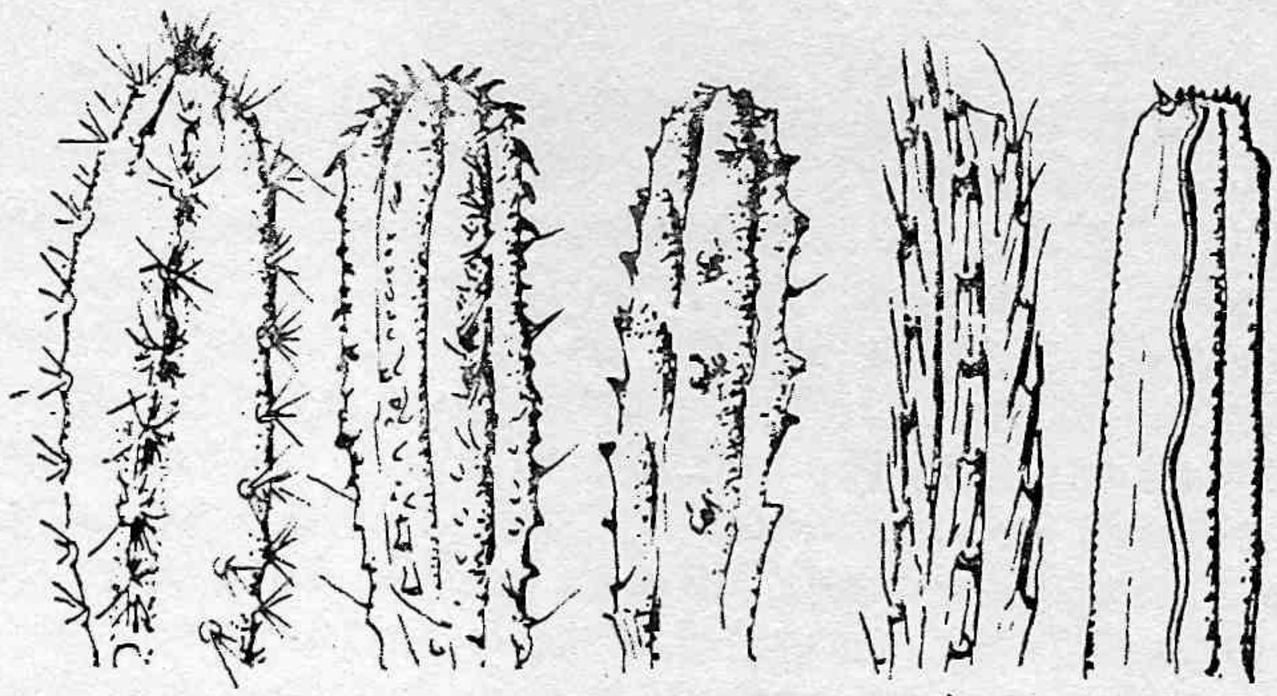


Fig. **191.** Convergenţă de forme :
1 — Cereus; 2 — Euphorbia; 3 — Heurnia; 4 — Senecio; 5 — Cissus (după Strasburger).

5.2. ORGANE OMOLOAGE ŞI ANALOAGE

Pentru a stabili natura acelor organe la care se întîlnesc schimbări profunde, ele trebuie urmărite din punct de vedere al originii lor.

Cînd se stabileşte originea comună a unor părţi din corpul plantei, forma studiată devine forma cardinală, iar modificările ce se constată în cursul evoluţiei constituie metamorfozele. Din cele menţionate reiese clar că studiul filogenezei plantelor se face mai ales pe baza morfologiei comparate. În afară de aceasta, studierea şi cunoaşterea diferitelor abateri de la constituţia normală a organului contribuie la rezolvarea unor probleme de morfologie. Astfel, transformarea în frunze a unor părţi din floare (prin înverzirea lor), ca de exemplu stamine, carpele, complexe de organe, ne indică în felul acesta natura lor morfologică.

De aici rezultă că *morfologia* şi *anatomia vegetală* are însemnătate şi pentru faptul că explică asemănarea structurală a părţilor componente ale plantei, cu înfăţişarea cea mai diferită.

Din acest punct de vedere se deosebesc „*organe omoloage*“, care sînt dezvoltate filogenetic din aceeaşi formă cardinală, chiar dacă au înfăţişare diferită şi îndeplinesc funcţii diferite ; ele au deci valoare morfologică egală (fig. 192). De exemplu, petalele, staminele, carpelele sau spinii de la *Berberis* (dracilă) sînt frunze modificate şi deci omoloage cu frunzele de la *Ranunculus aquatilis*, de asemenea, tulpinile modificate (*filocladiile*) de la *Ruscus* sînt omoloage cu cîrceii de la *Vitis*, care şi ei sînt tulpini modificate, dar au înfăţişare şi funcţii diferite ; scvamele de la muguri sînt omoloage cu urnele de la *Nepenthes* ; cotiledoanele de la *Phaseolus* au aceeaşi origine cu scutelum-ul de la *Triticum*. La nodurile tulpinii de *Salvinia natans* (peştişoară) se găsesc cîte trei frunze, dintre care două sînt fotosintetizante, natante, adică plutesc la suprafaţa apei, iar cea de-a treia, submersă, are aspect divizat şi funcţie absorbantă ; toate aceste trei frunze sînt organe omoloage, ele avînd o origine comună, deşi înfăţişarea şi funcţia lor sînt diferite.

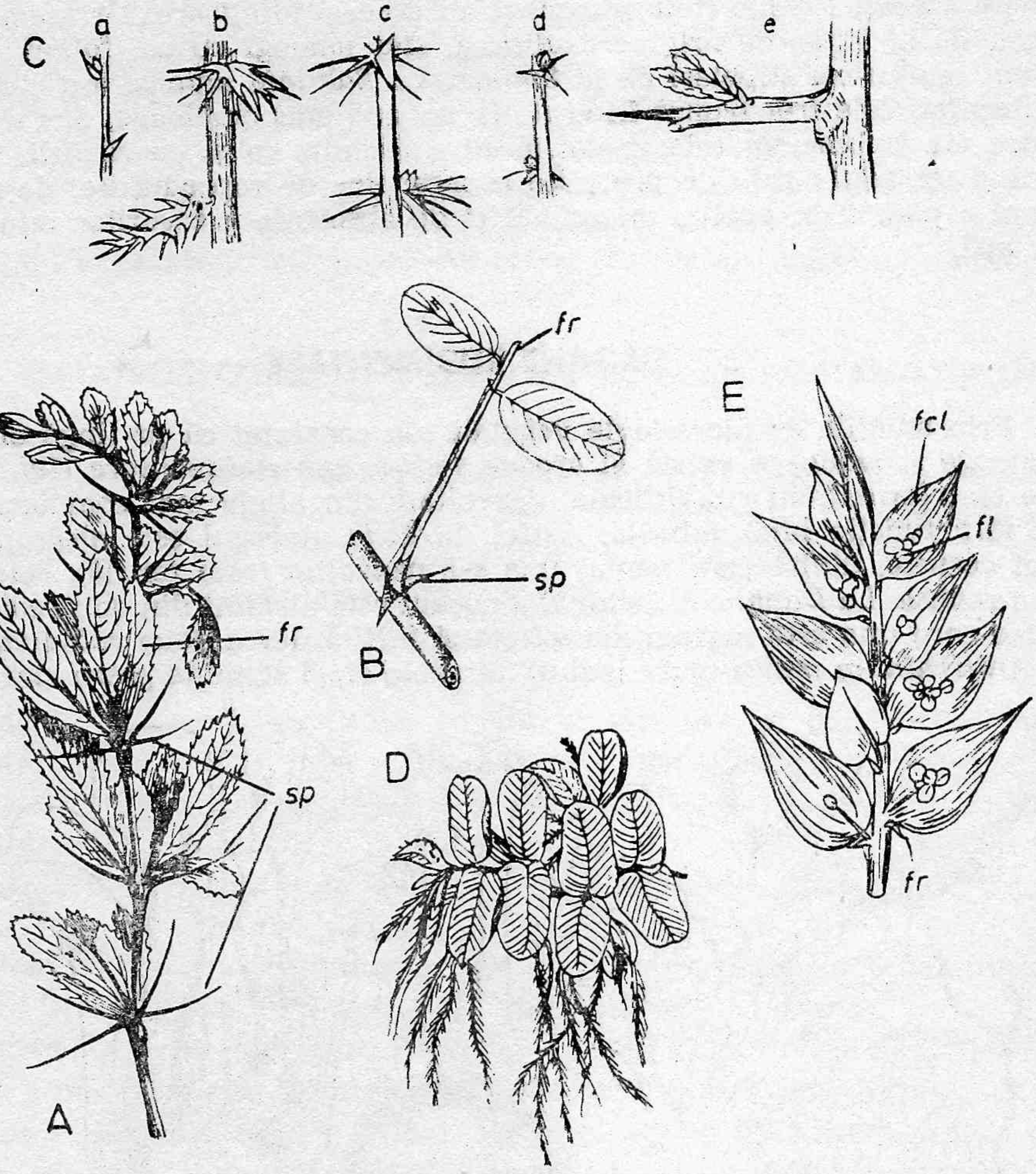


Fig. 192. Organe metamorfozate :

A — spini foliari (*Berberis vulgaris*); *B* — stipele spiniforme (*Robinia pseudacacia*); *C* — dezvoltarea spinilor foliari (*a, b, c, d* — *Berberis vulgaris*) şi caulinari (*e* — *Prunus spinosa*); *D* — rizofile (*Salvinia natans*); *E* — filocladii (*Ruscus aculeatus*); *fcl* — *filocladii*; *fl* — floare; *fr* — frunză; *sp* — spini (*A* : după M e v i u s; *B, D, E* : după S t r a s b u r g e r; *C* : după I. M o r a r i u).

Organele care au aceeaşi formă, structură şi funcţie, dar sînt dezvoltate din forme cardinale diferite, nu au aceeaşi valoare morfologică şi se numesc „*organe analoage*“. Ca exemplu de astfel de organe citǎm rădăcinile laterale de la *Raphanus*, care sînt de origine endogenă, se dezvoltă din rădăcina principală şi sînt analoage cu rizoizii de la muşchi, care au origine rizodermală. Ghimpii de la *Berberis* care au origine foliară sînt analogi, adică au aceeaşi funcţie de protecţie, cu ghimpii de la *Rosa* care au origine caulinară, precum şi cu cei de la *Robinia pseudacacia* care au origine stipelară. La *Ruscus aculeatus* ramurile turtite (*filocladiile)* sînt analoage cu frunzele deoarece au origine diferită, deşi înde-

plinesc aceeași funcție (fotosinteză) și au aceeași înfățișare. De asemenea, cîrceii de la *Vitis*, de origine caulinară, sînt analogi cu cei foliari de la *Pisum* sau cu cei stipelari de la *Smilax*. La *Salvinia natans*, așa cum s-a mai arătat, cele trei frunze înserate la un nod sînt omoloage, dar a treia dintre ele (submersă) este analoagă cu rădăcinile ca și cu rizoizii, îndeplinind un triplu rol : de protecție a organelor de reproducere, de menținere a plantei în poziție orizontală și de absorbție a sărurilor minerale din apă.

5.3. ORGANE RUDIMENTARE

Prin studiile de morfologie vegetală s-a constatat că pe lîngă organe omoloage și analoage există și *organe reduse* sau *rudimentare* (fig. 193), care sînt formațiuni simplificate, dezvoltate din altele mai complexe, cu sau fără funcție bine definită. Astfel, la *Tilia* gineceul este alcătuit din cinci carpele, dintre care numai una s-a dezvoltat (este fertilă), celelalte fiind reduse. La *Daphne* (tulichina) gineceul este alcătuit din două carpele, dintre care una este normal dezvoltată și fertilă, iar a doua rudimentară. La *Antirrhinum majus* (gura leului), din cele cinci stamine patru sînt dez-

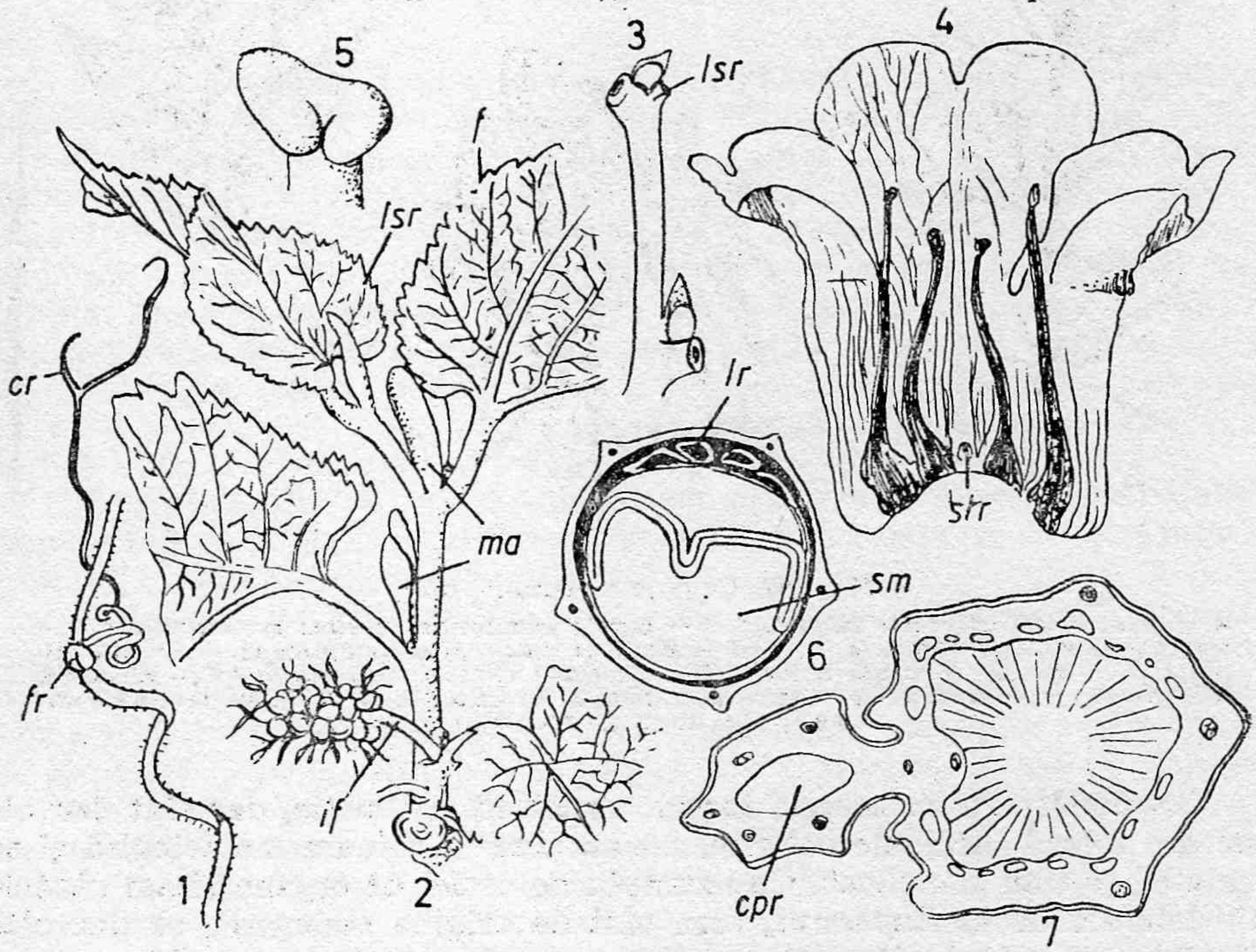


Fig. 193. Organe rudimentare :

1 — Vitis gongylodes; *2 — Morus nigra*; *3 — Morus nigra*, partea apicală a ramurii în stadiu hibernal, după căderea lăstarului rudimentar (mărită); *4 — Antirrhinum majus*; *5 — Antirrhinum majus*, stamină rudimentară (mărită); *6 — Tilia americana* (secțiune transversală prin fruct); *7 — Pimpinella calycina* (secțiune transversală prin fruct); *cpr* — carpelă rudimentară; *cr* — cîrcel; *f* — frunză normală; *fr* — frunză rudimentară; *if* — inflorescență; *lr* — lojă rudimentară; *lsr* — lăstar rudimentar; *ma* — mugur axilar; *sm* — sămînță; *str* — stamină rudimentară (după **Wettstein**).

voltate, iar a cincea redusă sub formă de staminodiu, funcţionînd ca glandă nectariferă ; aceasta se observă ca o mică proeminenţă în interiorul şi la baza corolei. Pe filocladiile de *Ruscus* şi pe tuberculii de *Solanum tuberosum* se află, de asemenea, organe rudimentare, reprezentate prin frunze reduse la solzi.

La unele plante reducerea organelor a mers pînă la dispariţia lor totală, aşa cum se întîmplă la plantele parazite şi saprofite (ex. *Cuscuta, Viscum*) ; la acestea, rădăcinile s-au redus pînă la dispariţia lor completă.

5.4. METAMORFOZELE CORMULUI LA CORMOFITELE AUTOTROFE

Aşa cum s-a menţionat deja, metamorfozele plantelor nu sînt altceva decît rezultatul acţiunii reciproce, istorice, a organismului şi mediului, sau rezultatul acomodării îndelungate a plantei la mediul înconjurător. Organele vegetative ale plantelor, prin adaptările lor faţă de condiţiile mediului, sînt capabile să se modifice ca formă, structură şi manifestări fiziologice.

Metamorfozele cormofitelor se pot urmări la cele două mari grupe de plante (considerate după modul lor de nutriţie), adică *autotrofe*, care se nutresc cu substanţe anorganice şi *heterotrofe*, care se hrănesc cu substanţe organice, de regulă în descompunere.

Factorii care contribuie la apariţia a o serie de modificări în structura plantelor sînt în primul rînd apa, lumina şi hrana.

Vom începe a prezenta unele metamorfoze la organele vegetative, în ordinea în care ele au fost tratate la Organografie (capitolul 4).

Metamorfozele rădăcinii. Rădăcina este în primul rînd un organ de fixare a plantei în sol, de absorbţie şi de conducere a sevei brute (apa cu sărurile minerale dizolvate în ea). Pe lîngă aceste funcţii principale, comune, rădăcina mai serveşte la acumularea de materii de rezervă, la schimburile de gaze cu mediul înconjurător, la îndeplinirea procesului de biosinteză. Toate aceste funcţii principale şi accesorii, sînt specifice rădăcinilor normale de la marea majoritate a plantelor, fie că derivă din radicula embrionului, fie că se formează, în mod adventiv, pe alte organe (tulpini, frunze).

La multe plante, adaptate la condiţii particulare de viaţă, o funcţie principală a rădăcinii poate deveni accesorie sau poate fi înlocuită de o funcţie cu totul deosebită, nouă. Această schimbare a funcţiei este legată de o modificare mai mult sau mai puţin profundă, morfologică şi structurală ; în acest caz spunem că rădăcina se *metamorfozează*.

În cele ce urmează vom sublinia, pe scurt, principalele modificări morfologice, dar mai ales histo-anatomice, ale diferitelor tipuri de rădăcini metamorfozate, ţinînd seama de mediul în care se dezvoltă.

5.4.1. METAMORFOZELE RĂDĂCINILOR SUBTERANE

Rădăcini înmagazinatoare de materii de rezervă. Sînt caracteristice plantelor bienale și perene, care trăiesc în regiuni în care activitatea este temporar întreruptă, fie din cauza uscăciunii, fie din cauza frigului. În asemenea regiuni, părțile subterane ale plantelor sînt mai bine protejate și ca atare pot servi ca depozite a materiilor de rezervă formate de organele epigeice, verzi, în scurta lor perioadă de vegetație. Asemenea plante se cultivă, deoarece acumulează în celulele parenchimatice ale rădăcinilor lor tuberizate amidon, inulină, ca de exemplu la *Beta vulgaris* (fig. 194). La *Daucus carota* (fig. 195, A, D) se tuberizează rădăcina principală, ca urmare a faptului că celulele parenchimatice din liberul secundar se înmulțesc și cresc mult în volum. La *Raphanus sativus* (fig. 195, E), tuberizarea rădăcinii principale se datorește înmulțirii celulelor parenchimatice din lemnul secundar, celule care sînt de asemenea mari.

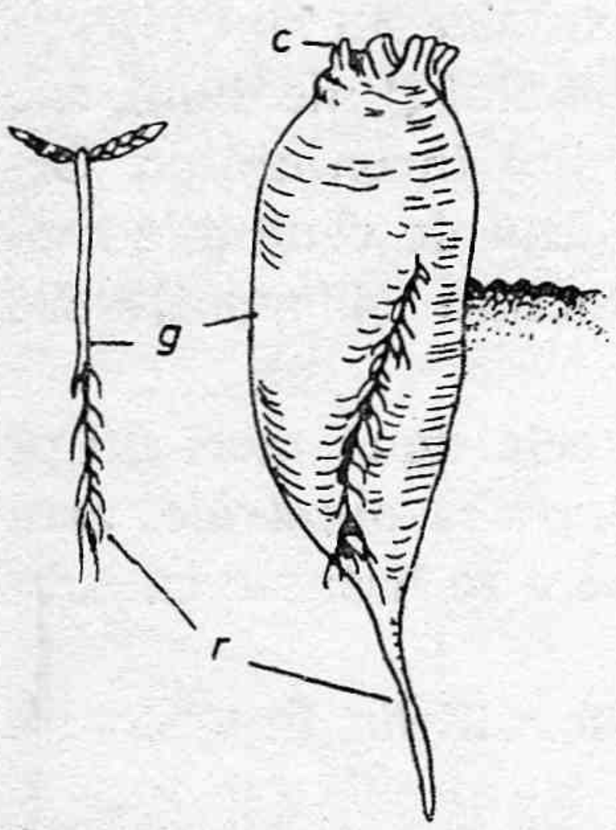


Fig. 194. Rădăcină tuberizată de *Beta vulgaris* :
c — cap (epicotil); *g* — gît (hipocotil); *r* — rădăcină propriu-zisă (după M. Răvruț și colab.).

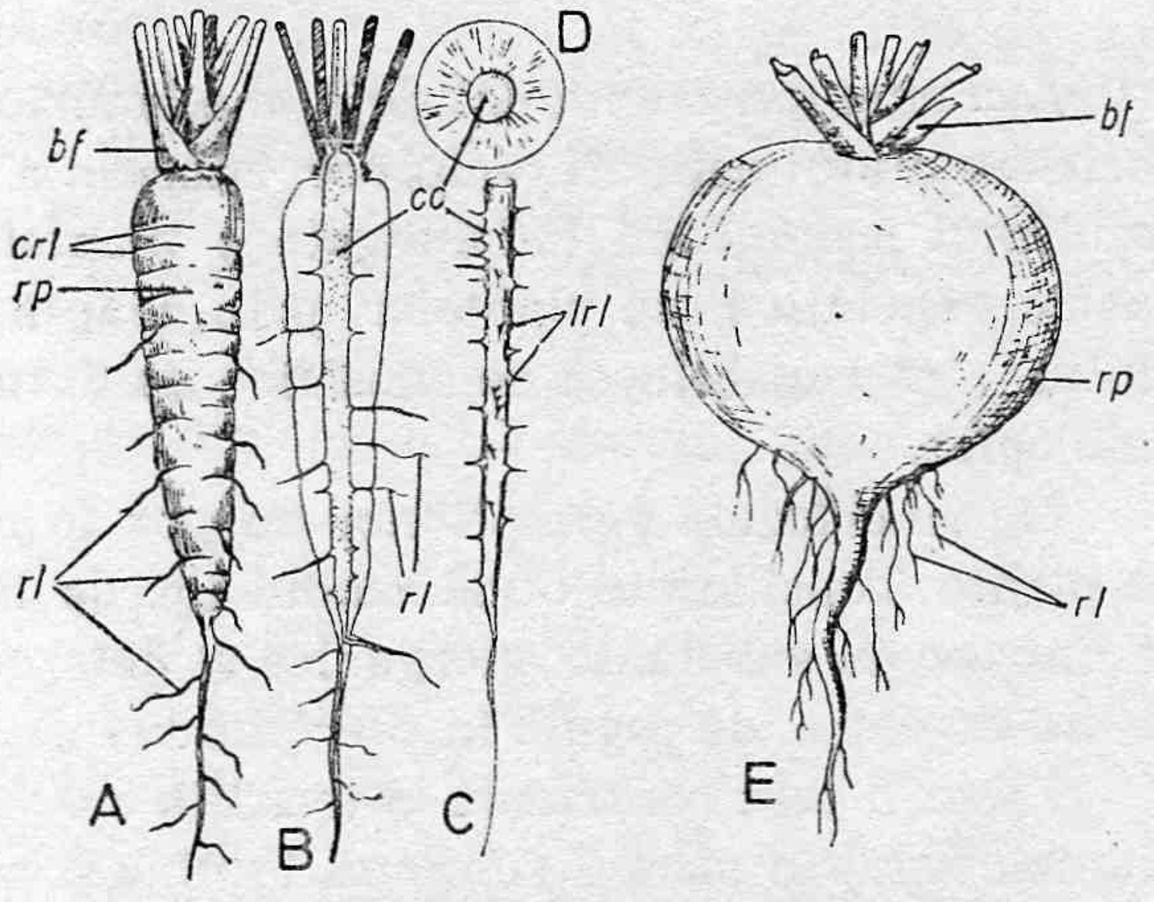


Fig. 195. Rădăcini tuberizate de *Daucus carota* (*A—D*) și *Raphanus sativus* (*E*) :
bf — baza frunzelor; *cc* — cilindru central; *crl* — cicatricele rădăcinilor laterale; *lrl* — locul rădăcinilor laterale; *rl* — rădăcini laterale; *rp* — rădăcină principală (*A—D* : după Troll; *E* : după Kultiasov).

În general, plantele care prezintă astfel de rădăcini tuberizate se mai numesc și rădăcinoase. La formațiunile tuberizate de *Beta vulgaris* se deosebesc următoarele părți : la suprafața solului, porțiunea denumită *cap* și care reprezintă epicotilul de pe care se dezvoltă frunzele ; urmează *gîtul,* care reprezintă hipocotilul ; *rădăcina* propriu-zisă, de tip pivotant, rezultă din tuberizarea rădăcinii principale. La *Filipendula* (fig. 196, A) sîn tuberizate rădăcinile laterale, fie în întregime, fie parțial. La *Dahlia variabilis* (fig. 196, B) și *Ficaria verna* (fig. 197, A, B) se tuberizează rădăcinile adventive, în întregime sau uneori numai partea bazală a acestora, care în vîrf prezintă rădăcini subțiri, absorbante. Sistemul radicular de la *Dahlia,* inițial este de tip fasciculat. În timpul verii partea superioară a fiecărei rădăcini se umflă sub forma unui tubercul, în care se acumulează inulină ; în timpul iernii părțile aeriene mor, iar păr-

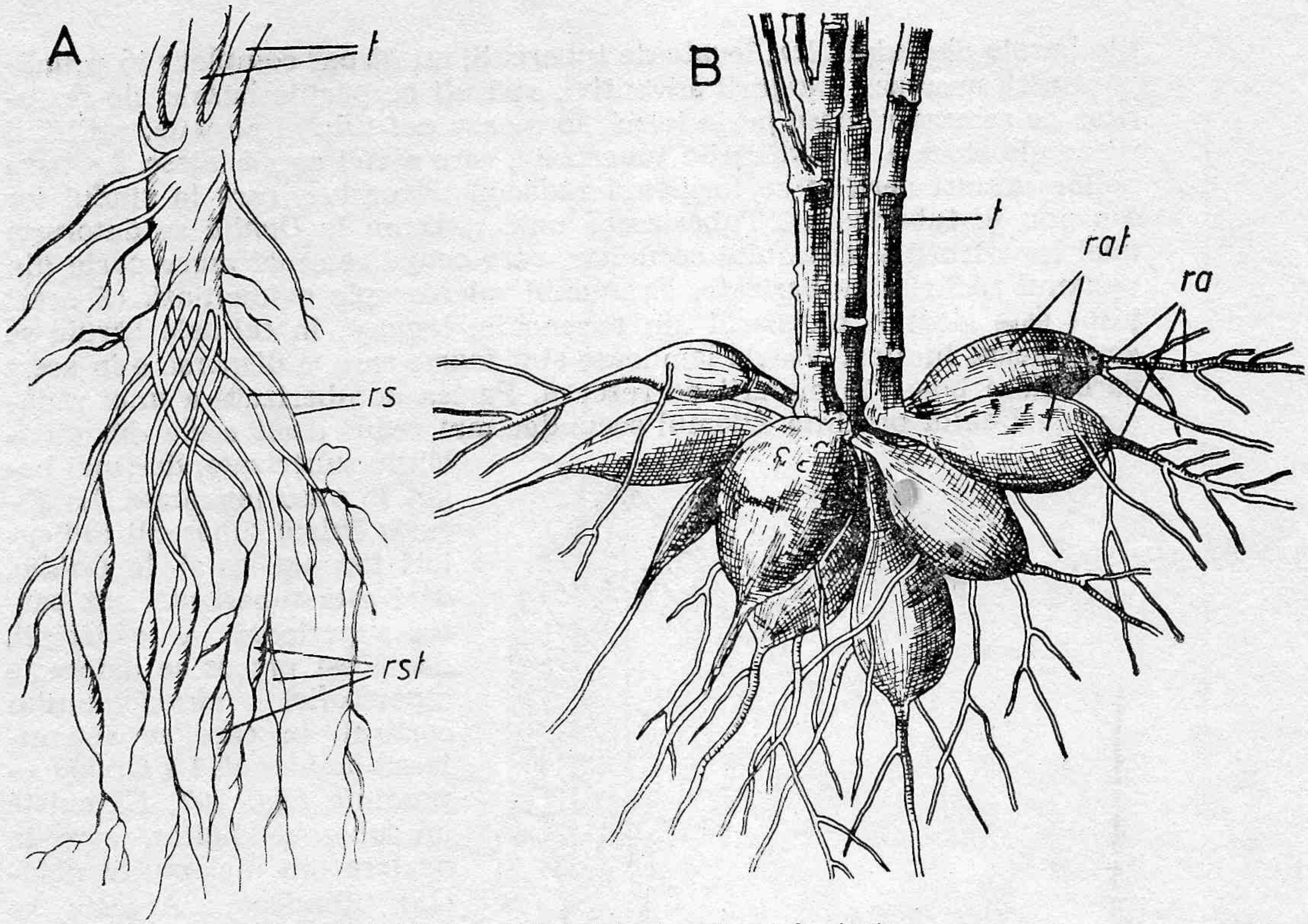


Fig. **196**. Radicele și rădăcini adventive tuberizate :

A — Filipendula hexapetala; *B — Dahlia variabilis*; *ra* — rădăcini adventive; *rat* — rădăcini adventive tuberizate; *rs* — rădăcini secundare; *rst* — rădăcini secundare tuberizate; *t* — baza tulpinii (*A* : după I. Grințescu; *B* : după Troll).

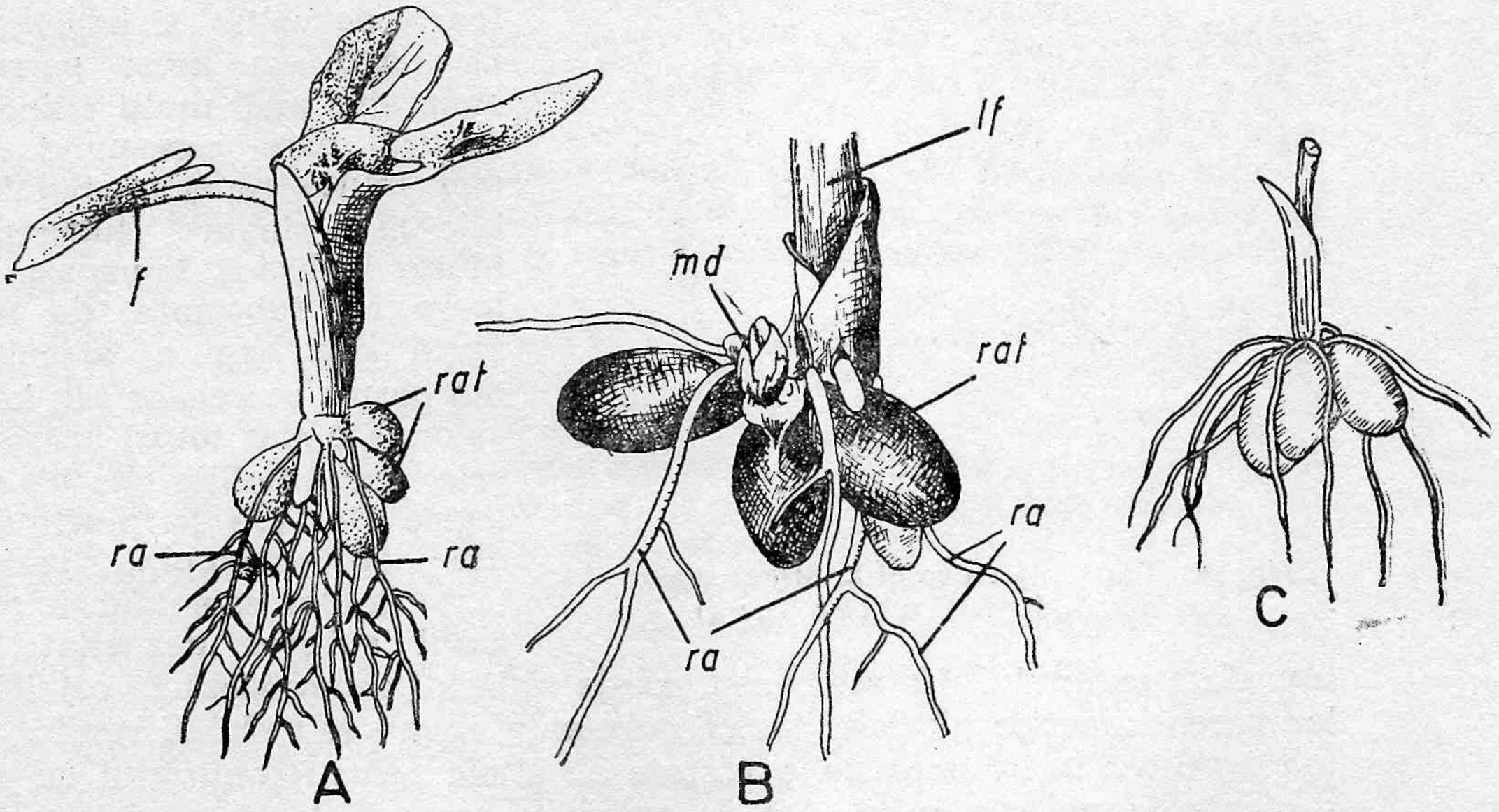


Fig. **197**. Rădăcini tuberizate de *Ficaria verna* (*A* — plantă întreagă ; *B* — partea bazală a aceleiași plante, mult mărită) și *Orchis* sp. (*C*) :

f — frunză; *lf* — lăstar foliar; *md* — mugur dormind; *ra* — rădăcini adventive; *rat* — rădăcini adventive tuberizate (*A*, *B* : după Troll; *C* : după I. Morariu).

ţile bazale ale tulpinilor, legate de tuberculi, nu dispar complet ; în primăvara care urmează, mugurii adventivi, apăruţi pe părţile bazale ale resturilor de ramuri rămase peste iarnă, formează noi tulpini aeriene, utilizînd rezervele stocate în rădăcinile tuberizate, care astfel se vestejesc. La baza noilor ramuri aeriene se formează rădăcini adventive, care la rîndul lor din nou se tuberizează. Tuberizarea unei rădăcini la *Dahlia* se datorește unei hipertrofii a xilemului secundar, care ocupă cea mai mare parte din volumul rădăcinii tuberizate. Examenul microscopic evidenţiază că acest ţesut este alcătuit îndeosebi din parenchim lemnos, în celulele căruia se acumulează inulină. Vasele lemnoase sînt foarte rare și dispersate în acest parenchim bogat în materii de rezervă. Partea netuberizată a unei rădăcini de *Dahlia* prezintă xilemul secundar mai redus decît acela din rădăcinile tuberizate, dar mai bogat în vase lemnoase. La *Ficaria* există tuberculi radiculari formaţi ca și la *Dahlia*, deci este tuberizată tot partea superioară a rădăcinii, dar acest proces se datorește hipertrofiei parenchimului cortical, în care se acumulează amidonul. La *Orchis* — poroinic (fig. 197, C) există un tubercul digitat, care ia naștere din mai multe rădăcini tuberizate. Aceasta se evidenţiază pe secţiuni transversale efectuate la nivelul tuberculilor, unde se constată prezenţa unui parenchim foarte dezvoltat și bogat în mucilagii. În acest parenchim sînt mai mulţi cilindri centrali, care corespund la mai multe rădăcini reunite într-un singur tubercul. Multe rădăcini înmagazinatoare de substanţe de rezervă sînt expuse atacului din partea șoarecilor sau larvelor. Ele sînt totuși apărate prin conformaţiile cito-histologice pe care le prezintă ; așa de exemplu, rezistenţa la atac este dată de ţesutul suberos dezvoltat la suprafaţa organului. De asemenea, aceste rădăcini acumulează în celulele lor parenchimatice alcaloizi toxici, substanţe amare sau rășini, respingătoare pentru unele animale, preferate de altele pentru conţinutul lor în subtanţe farmacodinamice. Așa de exemplu, șoarecii de cîmp nici nu se

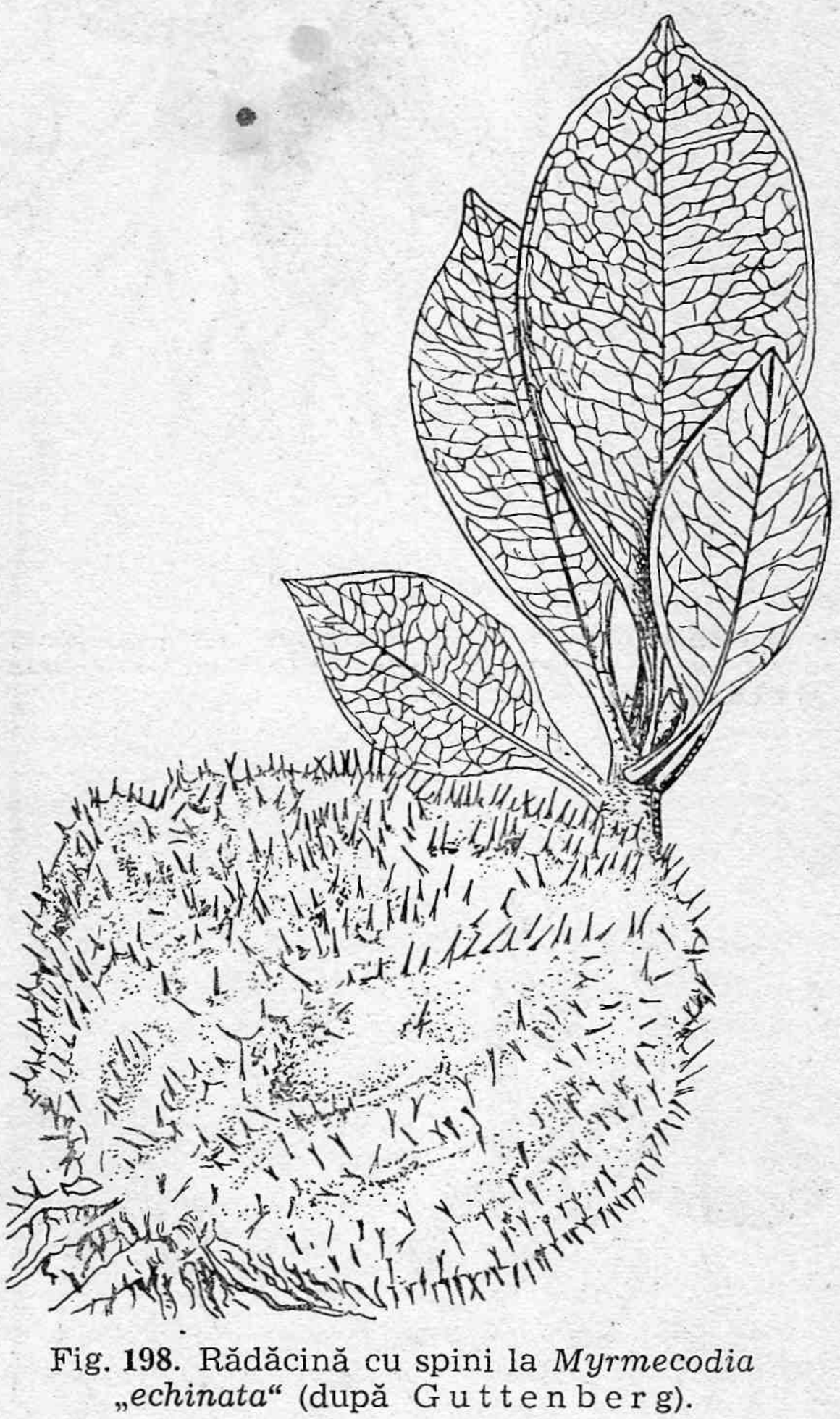


Fig. 198. Rădăcină cu spini la *Myrmecodia „echinata“* (după Guttenberg).

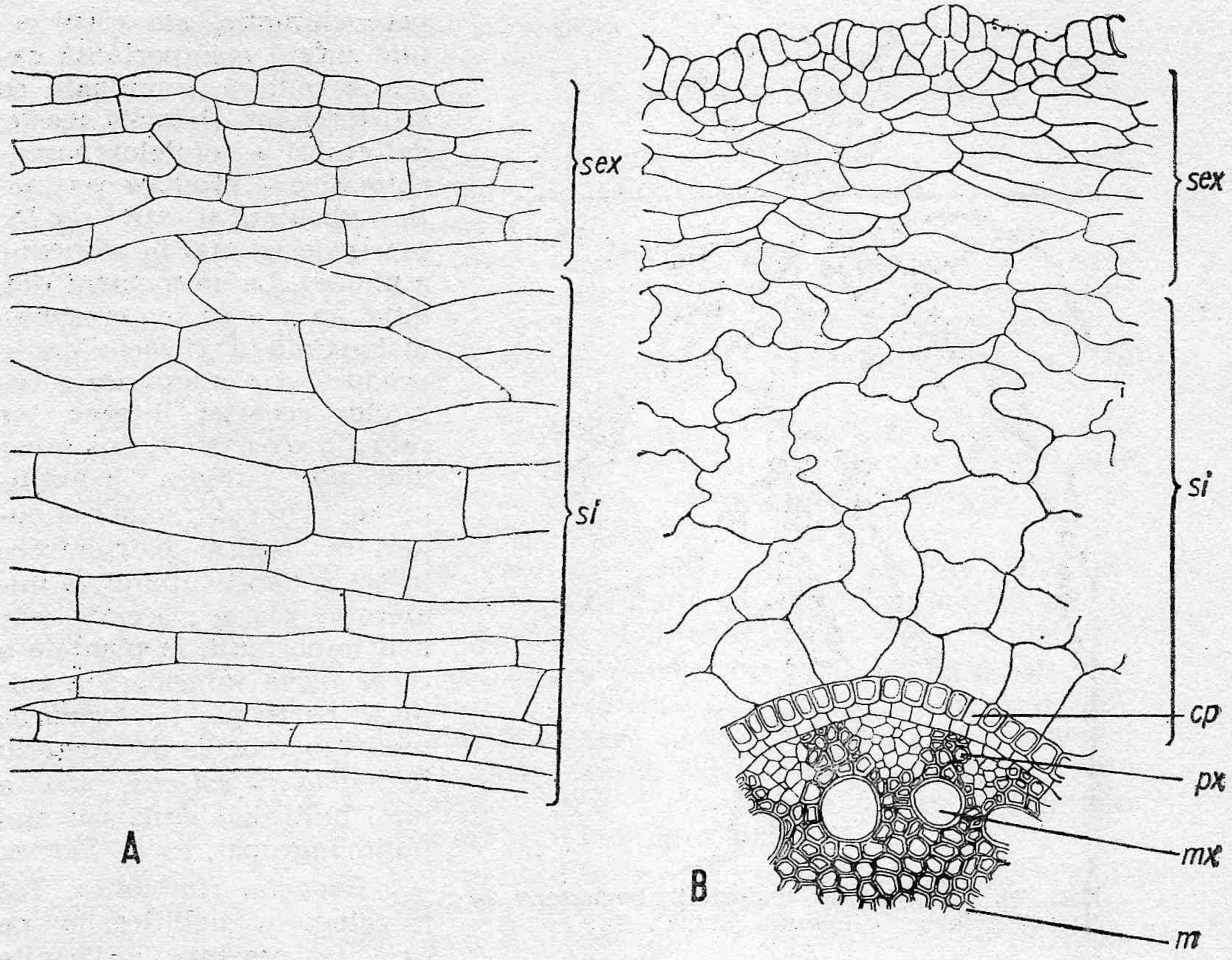


Fig. 199. Structura rădăcinii contractile de *Gladiolus* sp. :

A — porțiune din scoarță (secțiune longitudinală); *B* — sector din rădăcină (secțiune transversală); *cp* — celulă de pasaj; *m* — măduvă; *mx* — metaxilem; *px* — protoxilem; *sex* — scoarță externă; *si* — scoarță internă (după I. T a r n a v s c h i și colab.).

ating de rădăcinile și rizomii de *Saponaria officinalis*. Rădăcinile diferitelor specii de *Gentiana* ((ghințură), *Helictotrichon pubescens* (ovăscior), *Rheum rhaponticum* (revent) și multe *Umbelliferae* nu sînt preferate de cele mai multe animale.

Rădăcinile cu spini. Acestea se întîlnesc la unii palmieri, ca de exemplu la *Acanthorrhiza, Myrmecodia echinata* (v. fig. 198), la care rădăcinile se transformă în arme de apărare.

Rădăcini contractile. Caracterizează multe geofite (care au mugurii ascunși în sol, pe organe subterane) și au însușirea de a se scurta chiar pînă la jumătate din lungimea lor după ce și-au terminat creșterea, trăgînd astfel planta mai adînc în sol, unde condițiile de dezvoltare sînt optime. Sînt caracteristice pentru *Crocus moesiacus* (brîndușa galbenă), *C.heuffelianus* (brîndușa de munte), *Gladiolus imbricatus* (gladiola) (fig. 199), *Taraxacum officinale* ș.a. Unele din rădăcinile contractile prezintă la suprafața lor zbîrcituri, după care se recunosc și se disting de cele normale. Contracția radiculară, cînd are loc, nu afectează decît partea superioară a rădăcinii. În structura acestor rădăcini predomină țesutul

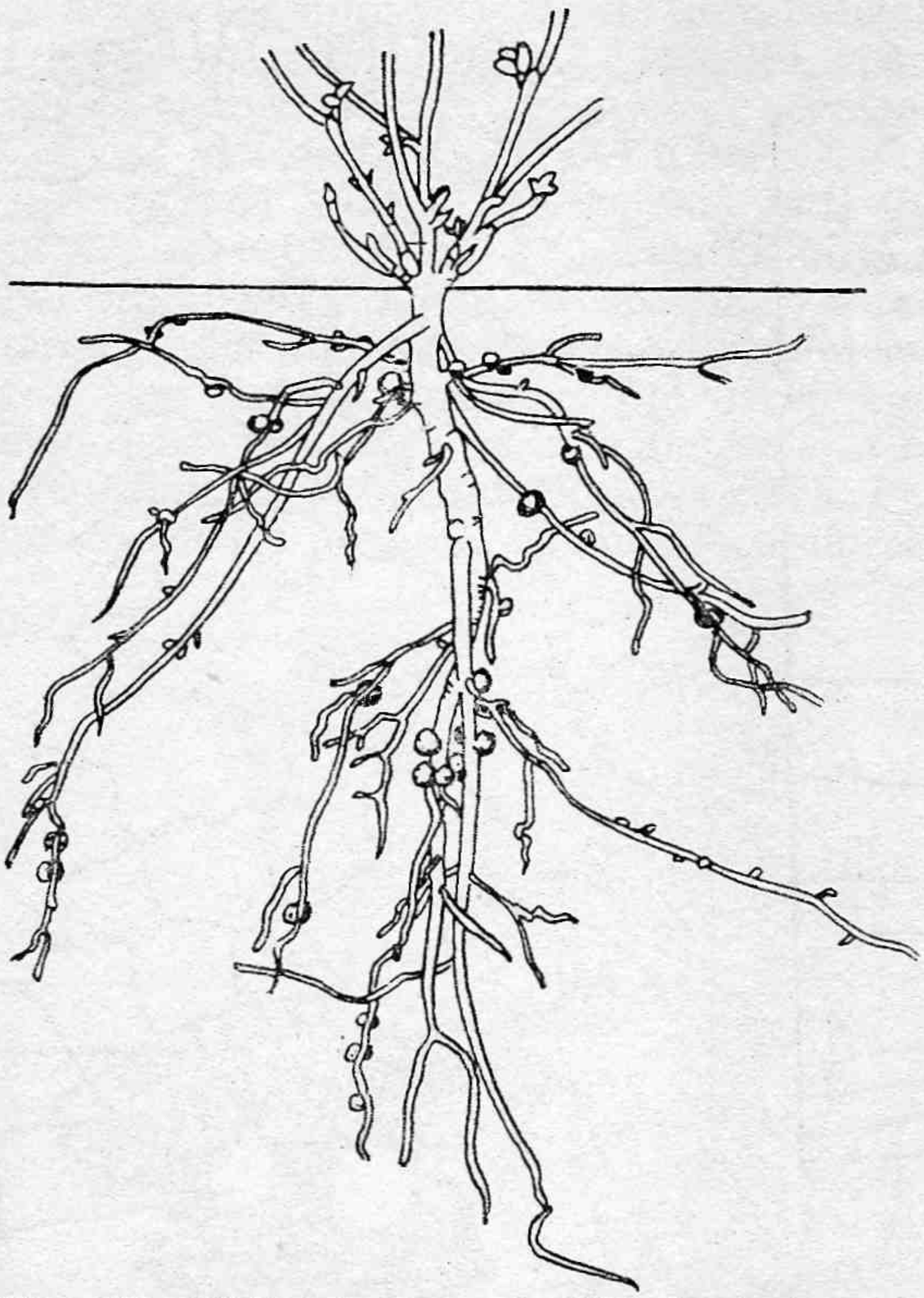


Fig. 200. Rădăcini cu nodozități bacteriene la *Tetragonolobus siliquosus* (după Strasburger).

parenchimatic, ale cărui celule suferă o importantă extensie radiară, combinată cu scurtarea lor. Datorită acestei deformări a celulelor parenchimatice se produce contracția radiculară și astfel are loc pătrunderea mai în adîncime a plantei. La un moment dat, după ce a avut loc creșterea în lungime a rădăcinilor se produce și o micșorare a celulelor scoarței interne, iar cele din scoarța externă nu se mai pot micșora, încrețindu-se. Prin contracția radiculară se explică pătrunderea în sol a bazei tulpinii la numeroase plante ; aceasta este mai importantă la plantele a căror parte inferioară a tulpinii participă la formarea unui tubercul, ca de exemplu la *Raphanus sativus*, sau a unui bulb mai mult sau mai puțin îngropat, ca la *Tulipa*.

Rădăcini simbiotice. Tot în categoria modificărilor pe care le prezintă rădăcinile unor plante pot fi încadrate rădăcinile cu *nodozități*, (fig. 200), care sînt caracteristice îndeosebi leguminoaselor ce sînt folosite în agricultură în amestec cu gramineele pentru refacerea structurii solului. La *Trifolium*, *Medicago*, *Pisum sativum*, *Lupinus* ș.a. rădăcinile prezintă mici umflături sferice denumite nodozități, în care sînt prezente bacterii fixatoare de azot elementar, care se acumulează sub formă de săruri de amoniu, azotiți și azotați. Bacteriile care determină formarea nodozităților sînt prezente în solul care constituie mediul ambiant al rădăcinilor și rămîn în acesta îmbogățindu-l în azot. Bacteriile respective au calitatea de a fixa nu numai azotul din sol, care se acumulează sub formă de diverse săruri, dar și azotul din atmosferă, în compoziția căreia se află în concentrație de 78 % și care poate fi fixat sub o formă asimilabilă pentru plante.

Este știut că formarea nodozităților are loc datorită faptului că bacteriile, aparținînd genului *Rhizobium*, pătrund prin pereții perilor absorbanți pînă la țesutul parenchimului cortical al rădăcinii, producînd hernii cu aspect de cancer. Bacteria denumită *Rhizobium leguminosarum* este caracteristică pentru nodozitățile de la *Pisum sativum* și *Vicia dumetorum* (măzăriche). Înaintarea bacteriei spre centrul rădăcinii se realizează datorită substanțelor pe care le secretă celulele, solubilizînd pereții dintre diferitele straturi întîlnite. Nodozitățile au forme, mărimi și culori diferite

și se pot dezvolta atît pe rădăcina principală, cît și pe ramificațiile ei laterale. De altfel, genul *Rhizobium* prezintă specii legate de anumite leguminoase cum sînt : *R.phaseoli*, prezent la *Phaseolus*, *R.trifolii*, la *Trifolium*, *R.meliloti*, la *Medicago* (lucerna).

În simbioza creată, bacteria folosește glucidele de la leguminoase, respectiv substanțele hrănitoare ale rădăcinilor și permite la rîndul ei plantelor respective să folosească azotul.

În cercetările privind acțiunea acestor bacterii s-a constatat că în anumite cazuri ele pot fixa azotul și în afara rădăcinilor. S-a experimentat în laborator acest proces de fixare a azotului creîndu-se simbioze între *Rhizobium* și alte plante decît leguminoase, ca de exemplu *Triticum*, *Zea mays*, *Oryza* ș.a.

De asemenea, s-a stabilit că există și alte bacterii, în afara genului *Rhizobium*, care pot fixa azotul atmosferic, ca de exemplu *Azotobacter chroococcum*, *Clostridium pasteurianum* (bacterie obligator anaerobă, ce nu se poate dezvolta decît în lipsa oxigenului).

Un alt organism vegetal, care are același rol de a asimila azotul atmosferic și care de asemenea trăiește în simbioză cu rădăcinile unor plante (cum ar fi coniferele din munții Australiei) este alga albastră *Nostoc*.

În etapa actuală, cînd agricultura consumă anual — după datele furnizate de F.A.O. — 40 milioane tone azot sub formă de îngrășăminte, problema fixării azotului din atmosferă capătă o importanță deosebită. Cercetările recente în acest sens, care se fac în multe centre științifice din Anglia, Canada, Columbia, Franța și alte țări, au lărgit considerabil cunoștințele privind fixarea azotului din atmosferă.

Micorize (fig. 201). Se întîlnesc la plantele ierbacee din tipul gramineelor, precum și la o serie de arbori cum sînt : *Quercus*, *Tilia*, *Larix*, *Populus* ș.a. Și aici este tot o simbioză, dar de data aceasta cu miceliile unor ciuperci, care se pare că fac posibilă o mai bună absorbție a soluțiilor hrănitoare din sol. De asemenea, micorizele sînt acelea care înlesnesc descompunerea rapidă a polizaharidelor în monozaharide de tipul glucozei, care contribuie la mărirea forței osmotice și astfel determină absorbția internă a apei prin rădăcini. De subliniat este faptul că unele ciuperci ce formează micorize contribuie la creșterea rădăcinilor prin hormonii și vitaminele pe care le produc, iar altele favorizează aprovizionarea gazdei cu compuși azotați, deoarece au posibilitatea de a fixa azotul. Varietatea ciupercilor care formează micorize este legată de varietatea de plante superioare cu care intră în simbioză, fiind caracteristice pentru fiecare specie. Legătura dintre acestea este rezultatul adaptării unora față de altele, care a avut loc în decursul dezvoltării istorice a plantelor și care acum nu-și mai pot duce viața independent. Ciupercile respective, în procesul de simbioză pot rămîne la exteriorul rădăcinii, alcătuind în jurul vîrfului acesteia (prin hifele sale) o adevărată pîslă, constituind *micoriza ectotrofă* sau externă, caracteristică pentru plantele care trăiesc în soluri bogate în humus. Micoriza ectotrofă se întîlnește îndeosebi la arbori și arbuști, cum ar fi : *Pinus silvestris*, *Abies*, *Fagus*, *Betula*, *Tilia*, *Acer*, precum și la plantele ierbacee din familia *Pirolaceae*. În alte cazuri, ca la *Picea*, unele specii de *Pinus*, *Agrostis* (iarba cîmpului), *Nardus* (țăpoșică) ș.a., hifele ciupercii pătrund în scoarța rădăcinilor, alcătuind formațiuni asemănătoare nodozităților și constituie *micoriza endotrofă* sau internă. În

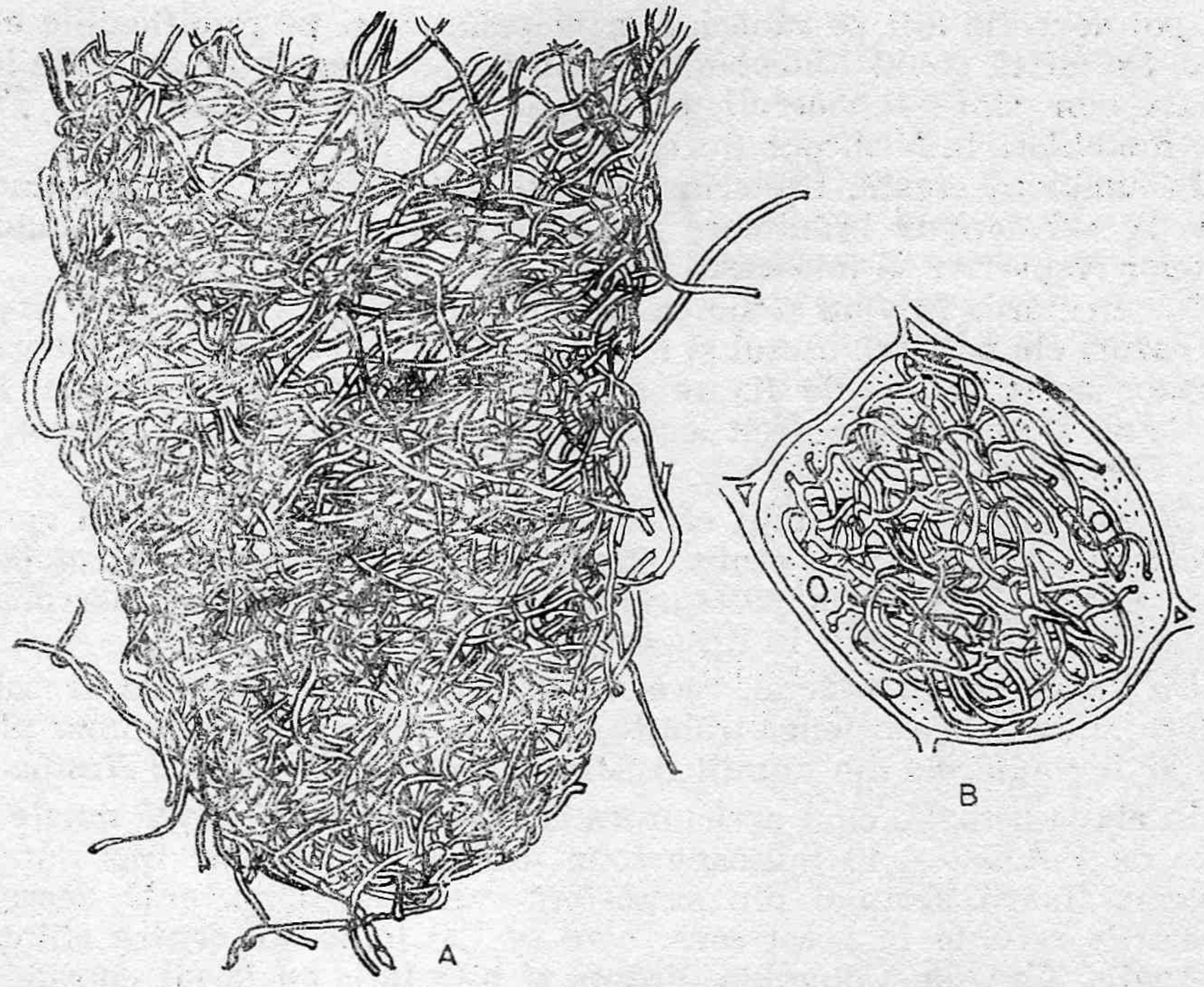


Fig. 201. Micorize ectotrofe (*A*) și endotrofe (*B*) (după M. Răvăruț și colab.).

cazul în care filamentele miceliului pătrund numai la nivelul rizodermei, între celulele ei componente și în interiorul lor, vorbim de micoriza *ecto-endotrofă*. În fine, se mai cunoaște și o micoriză *peritrofă*, care este caracterizată prin aceea că filamentele miceliului îmbracă zona extremității rădăcinilor. Merită menționat faptul că unele plante, cum sînt orhideele, nu pot trăi fără simbioza cu filamentele miceliene. Aceasta se constată la semințele septice, care nu germinează în mediul steril. Numai ținînd seama de micoriza specifică culturile de orhidee pot da rezultate pozitive.

5.4.2. METAMORFOZELE RĂDĂCINILOR AERIENE

Rădăcini proptitoare. Sînt formațiuni aeriene și adventive, dar cu geotropism pozitiv, avînd atît rol de absorbție, cît și de susținere a plantei. Astfel de rădăcini caracterizează arborii ce formează pădurile numite mangrove și care acoperă pe spații întinse țărmurile plane, nisipoase și mîloase, precum și malurile de la gura fluviilor, pătrunzînd adînc în interiorul uscatului (se află între cele două tropice). Aceste rădăcini au trăsături particulare de structură, ce constituie rezultatul adaptării la condițiile de viață pe care le creează acțiunea mecanică ritmică a fluxului și refluxului, astfel încît plantele rezistă la loviturile valurilor. Cu timpul, rădăcina principală și partea inferioară a tulpinii mor, se dezorganizează, încît restul arborelui este susținut și alimentat numai de rădăcinile prop-

titoare. Acest tip de rădăcini este caracteristic îndeosebi plantelor agățătoare, la care părțile tulpinale inferioare, mai bătrîne, s-au atrofiat și a căror frunze necesită o cantitate mult mai mare de apă decît cea pe care le-o pot asigura trunchiurile pe care se sprijină.

Rădăcinile de *Pandanus* au țesutul mecanic dispus sub formă de cordoane periferice de fibre sclerenchimatice, care se pot uni într-un inel ; în plus, fasciculele conducătoare sînt largi și cuprind în centrul lor grupe de traheide înconjurate de fibre mecanice. La speciile de *Pandanus* și de *Palmae*, rădăcinile sînt formate, ca ale tuturor monocotiledonatelor, din țesuturi de origine primară. La arborii de mangrove (ex. *Rhizophora*), la diferite specii de *Ficus* etc. rădăcinile ating grosimi mari datorită țesuturilor secundare.

La *Zea mays*, pe lîngă rădăcinile obișnuite, cu rol fixator și absorbant, se formează și rădăcini aeriene proptitoare, care se curbează spre sol sub forma unor arcuri și se ramifică odată ajunse în sol. Prin intermediul lor tulpina este bine ancorată. Structura rădăcinilor proptitoare este deosebită de a rădăcinilor obișnuite, fiind rezultatul adaptării la cerințele de a rezista la presiunea longitudinală și la tracțiune, la care rădăcinile sînt supuse alternativ. Astfel, tot parenchimul din cilindrul central (măduvă, raze medulare) al rădăcinii principale este sclerificat, formîndu-se un cordon fibro-vascular ce servește rădăcinii să reziste la tracțiune. La ramificațiile laterale porțiunea centrală a rădăcinii este nesclerificată sau chiar reprezentată de o lacună ; țesutul mecanic împreună cu fasciculele conducătoare formează, astfel, un cilindru gol (nu fibro-vascular compact), ce servește plantei să reziste și la presiunea longitudinală, nu numai la tracțiune.

Rădăcini fixatoare (fig. 202). Acestea sînt caracteristice pentru liane, plante care nu trăiesc pe sol, ci pe trunchiurile și ramurile unor arbori și arbuști, fără a-i parazita. Rădăcinile fixatoare au pierdut în general capacitatea de absorbție a apei și sînt adventive.

La *Hedera helix* există rădăcini adventive fixatoare și agățătoare, care sînt scurte, cilindrice și cu extremitatea dilatată, de forma unui disc sau a unei ventuze. Cu ajutorul acestora planta respectivă aderă de suport. O caracteristică a acestor rădăcini o constituie prezența cilindrului central foarte sclerificat. Rădăcinile adventive aeriene de la *Monstera*, *Philodendron* etc. au geotropism pozitiv, pătrunzînd în sol și îndeplinind rol nutritiv. Ele au un manșon periferic de sclerenchim, care le dă soliditate. La unele orhidee (ex. *Vanilla*) și aracee, rădăcinile adventive au formă de cîrcei, alipindu-se de suport datorită însușirii tigmotropice, fixînd strîns de el liana.

La *Tecoma radicans* (trîmbițar) (fig. 203) există, de asemenea, rădăcini aeriene cu care plantele respective se fixează de un oarecare suport. Unele specii de *Bignonia* și *Cereus* (ex. *C. nycticalus* — regina nopții) prezintă astfel de rădăcini mult ramificate, care acoperă scoarța copacilor ca o rețea ce se lipește de suport. Unele specii de orhidee, ca de exemplu *Phalaenopsis schilleriana*, prezintă rădăcini fixatoare în formă de bandă, care concresc cu scoarța arborilor, iar la *Ficus* astfel de rădăcini au formă de chingi (fig. 202, A).

La *Ficus bengalensis* rădăcinile fixatoare sînt denumite și *columnare*, deoarece din ramurile viguroase se dezvoltă rădăcini cilindrice ce pornesc

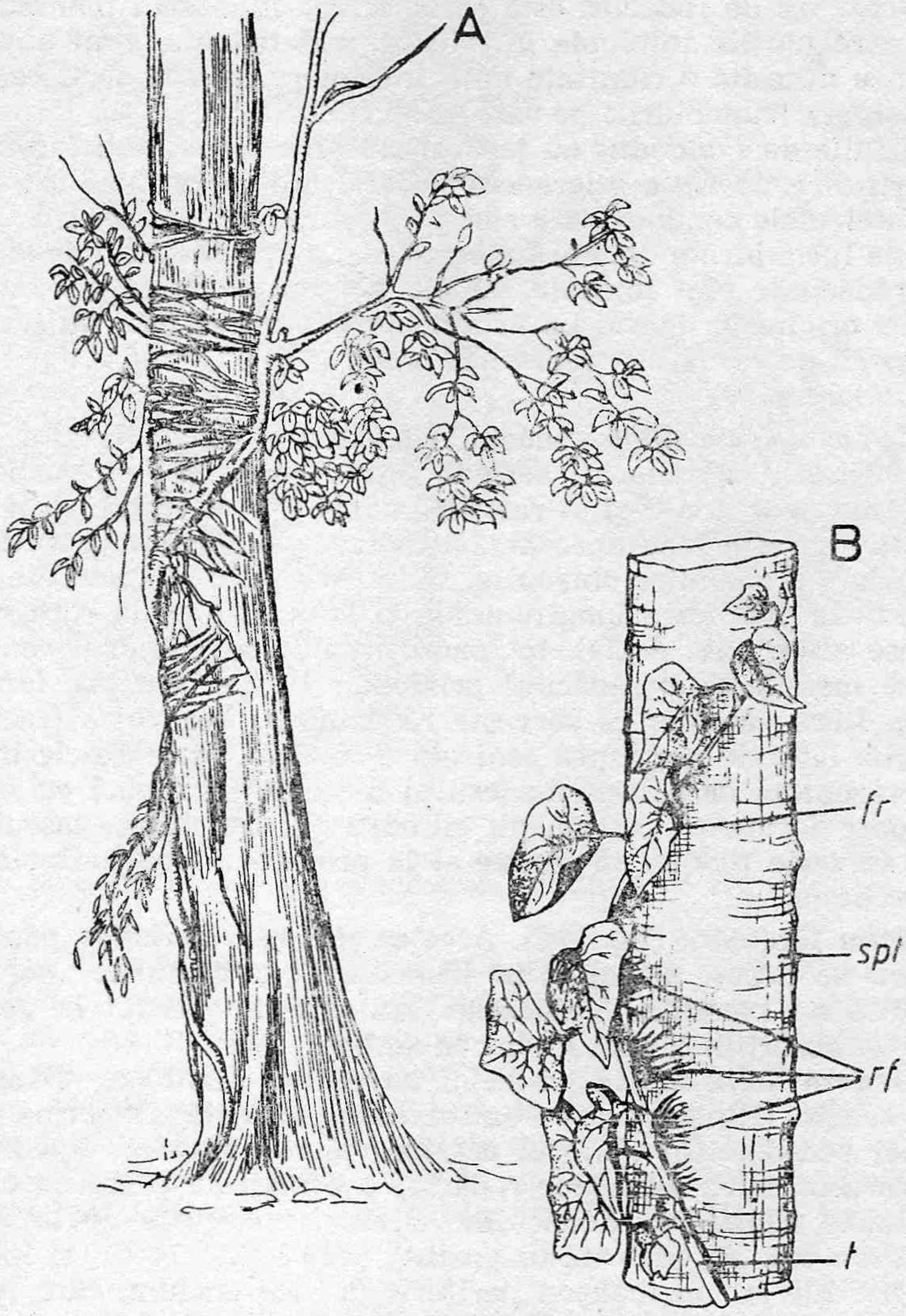


Fig. 202. Rădăcini aeriene fixatoare :

A — *Ficus* sp.; *B* — *Hedera helix*; *fr* — frunză; *rf* — rădăcină fixatoare); *spt* — suport; *t* — tulpină (*A* : după Kerner; *B* : după Mevius).

spre pămînt, pătrund în acesta, se consolidează prin rădăcini secundare și se transformă în adevărați piloni de sprijin. Aceste rădăcini cresc foarte mult în grosime și capătă aspect de trunchiuri, pe care se dezvoltă chiar și ramuri înfrunzite. Asemenea rădăcini au și rolul de a absorbi apa cu sărurile minerale din sol. Sub coroana unui astfel de arbore se spune că și-a putut face tabăra o armată de 5 000 de oameni. Circumferința tulpinii unui astfel de exemplar din Calcuta ajunge la 15 metri, cu o coroană ce se întinde pe 300 metri și prezintă 562 rădăcini columnare.

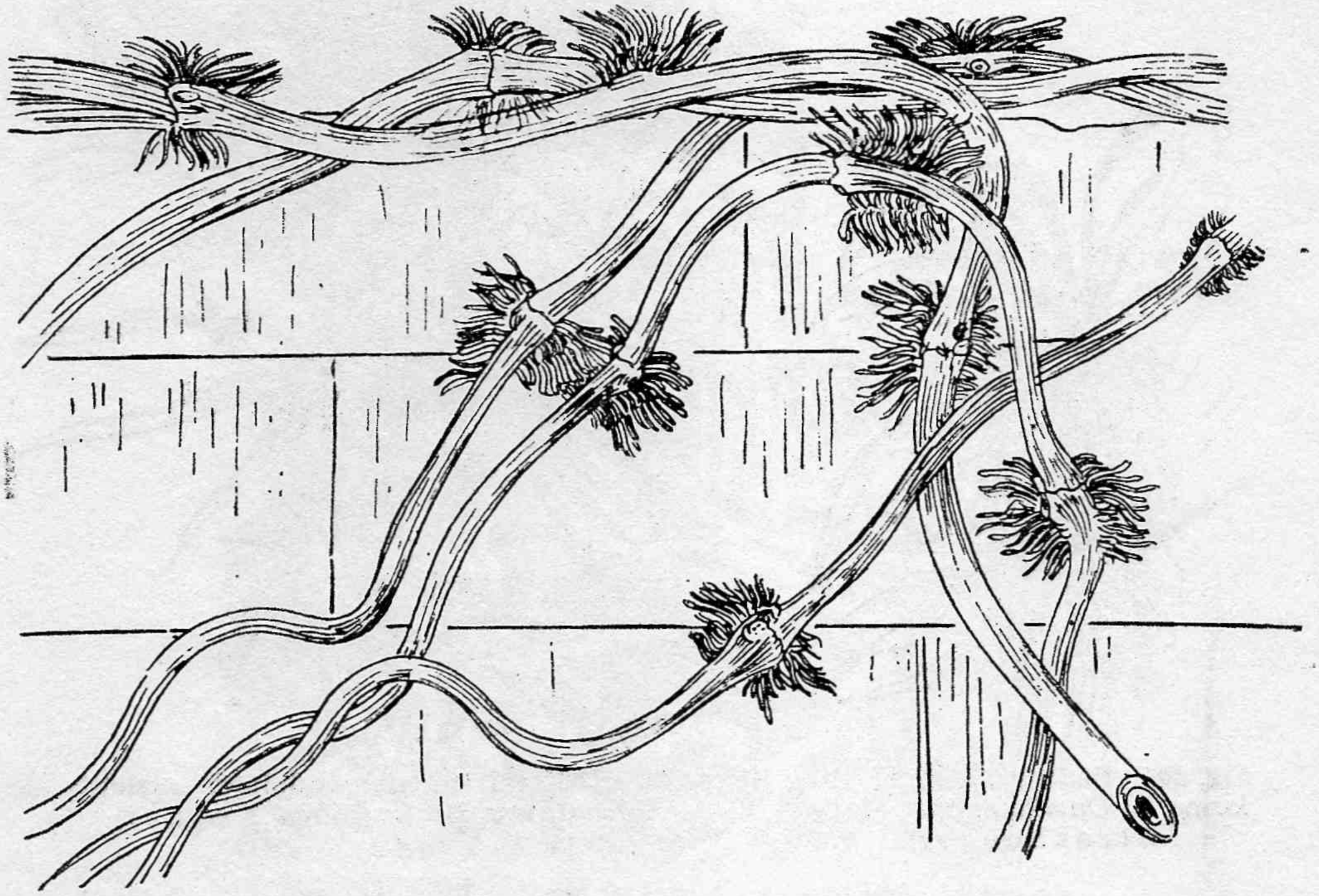


Fig. 203. Rădăcini aeriene fixatoare la *Tecoma radicans* (după K e r n e r).

Toate rădăcinile fixatoare, denumite şi de ancorare, se reazemă de trunchiurile arborilor bătrîni, de pereţi stîncoşi abrupţi, de ziduri, de garduri şi în general sînt caracteristice plantelor agăţătoare, la care în afară de aceste rădăcini fixatoare există un al doilea fel de rădăcini şi anume *absorbante*. Aceste două tipuri de rădăcini sînt strict separate în ceea ce priveşte funcţiile, deşi se întîlnesc şi cazuri cînd rădăcinile fixatoare preiau şi rolul rădăcinilor absorbante, ceea ce presupune ca substratul de care sînt fixate să le poată oferi hrana necesară.

Rădăcini aeriene care acumulează apa. Aceste rădăcini sînt caracteristice ferigilor arborescente, cum ar fi cele din genurile *Todea* şi *Alsophila*. La speciile acestor genuri se găsesc rădăcini aeriene foarte scurte, numeroase şi alcătuind un fel de blană în jurul tulpinii de care se prind. Asemenea rădăcini aeriene se găsesc într-o mare diversitate şi pe tulpinile epifitelor ecuatoriale şi tropicale aparţinînd plantelor din grupe mai evoluate, ca de exemplu la *Araceae, Bromeliaceae* şi *Orchidaceae*. Aceste rădăcini sînt adventive şi lipsite de peri absorbanţi, care ar fi inutili la astfel de plante. La *Oncidium* (fig. 204), dintre orhidee, care creşte pe ritidomul unor arbori bătrîni, rădăcinile aeriene sînt filiforme în număr mare, înghesuite şi prelungite, formînd adevărate coame. La *Sarcanthus (Vanda) rostratus* (fig. 205), tot dintre orhidee, rădăcinile aeriene sînt răzleţe, groase, rigide şi ondulate sau răsucite.

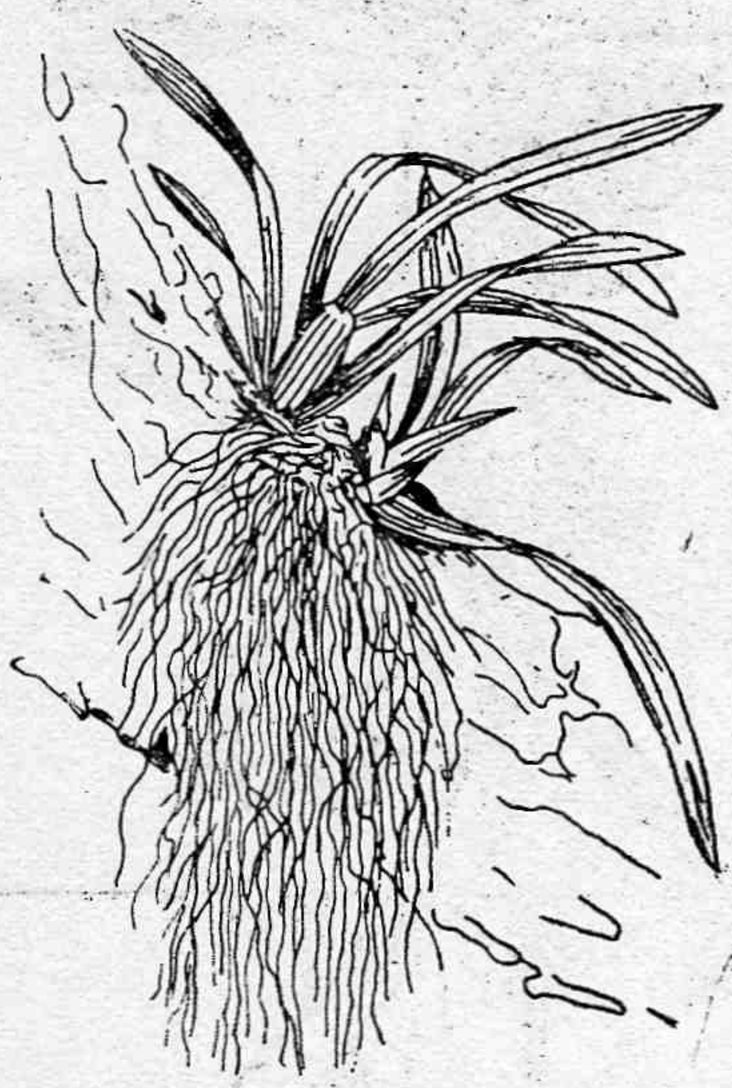


Fig. 204. Rădăcini aeriene filiforme la *Oncidium* sp. (după Strasburger).

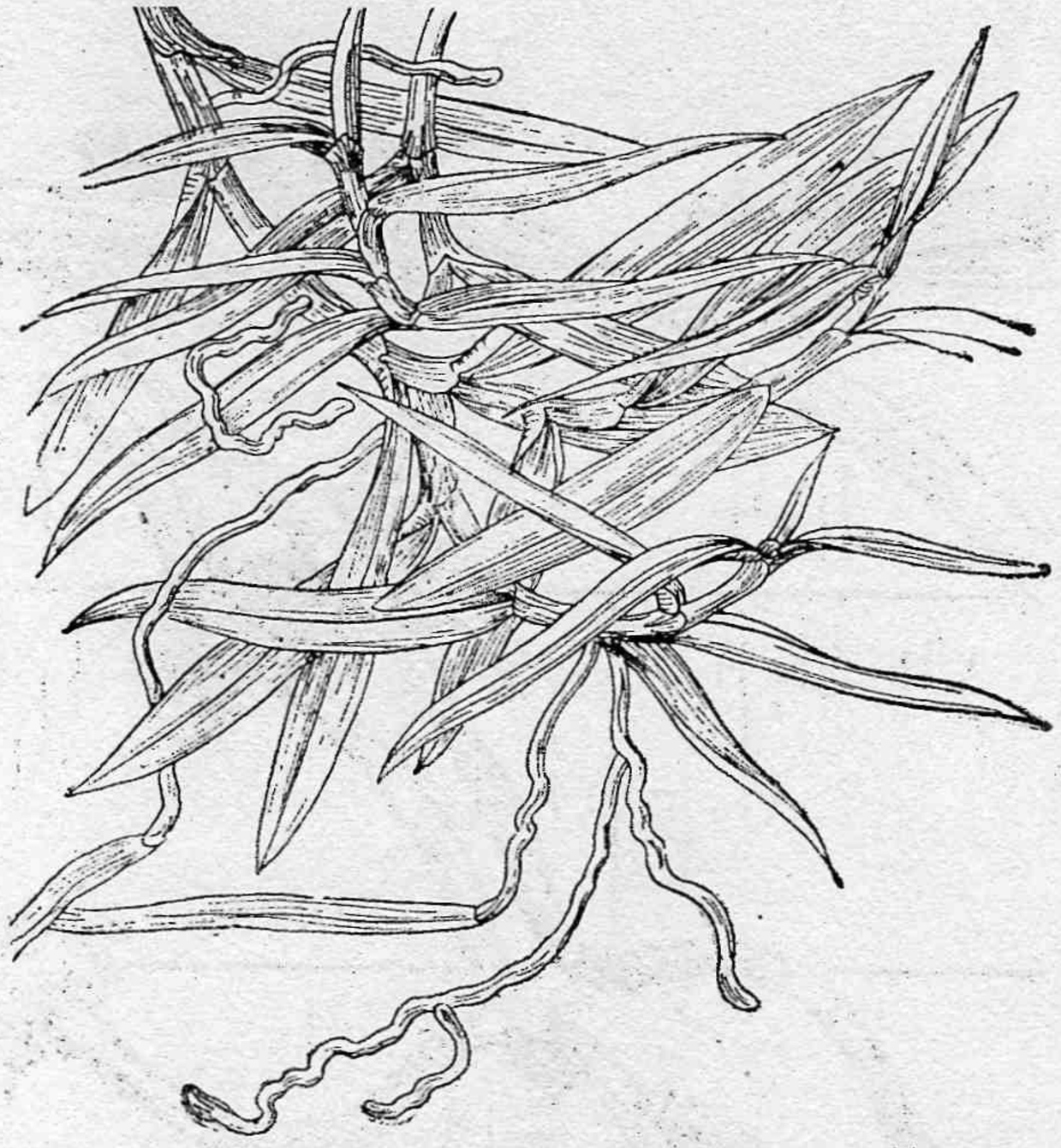


Fig. 205. Rădăcini aeriene ondulate, răzleţite de *Sarcanthus rostratus* (după Kerner)

Caracteristica acestor rădăcini este structura lor, care le permite absorbţia şi condensarea vaporilor de apă atmosferici şi acumularea apei rezultate în urma acestui proces. De structura detaliată a acestui tip special de ţesut s-a mai vorbit, aici amintim numai că este vorba de un *velamen radicum*, de origine rizodermică. Celulele acestui ţesut sînt moarte, pline cu aer, cu pereţii diferit îngroşaţi (spiralat, reticulat) şi cu perforaţii prin care celulele comunică atît între ele, cît şi cu mediul extern ; astfel, apa de ploaie sau rouă este absorbită prin capilaritate cu multă uşurinţă. De asemenea, datorită îngroşărilor caracteristice ale pereţilor celulari, velamenul are însuşirea de a condensa vaporii de apă astfel absorbiţi. Apa acumulată în velamen este transmisă, prin intermediul scoarţei, la vasele conducătoare lemnoase din cilindrul central.

Rădăcinile picioroange. Aceste rădăcini sînt adventive, cilindrice, se dezvoltă pornind de la o tulpină principală erectă sau înclinat-ascendentă, parcurg o porţiune prin aer şi apoi pătrund în sol. Uneori ele pot depăşi în grosime trunchiul principal ; în cazul cînd acesta putrezeşte la bază, partea de sus (coroana) este susţinută de rădăcinile picioroange. Astfel de rădăcini se întîlnesc de obicei la plantele de „mangrove“, adică acelea care trăiesc în regiunile mlăştinoase ale ţărmurilor oceanelor, cum este de exemplu *Rhizophora mangle*.

La alte plante, ca de exemplu *Ficus elastica* (fig. 206) rădăcinile se dezvoltă de la baza trunchiului principal erect, în formă de table aşezate pe muchie, avînd aspectul unor *scînduri groase*. Ele se dispun radiar în

Fig. 206. Rădăcini aeriene în formă de „scînduri" la *Ficus elastica* (după **Kerner**).

toate direcţiile şi la întîlnirea lor cu trunchiul formează adevărate adăposturi pentru diferite vietăţi.

Rădăcini asimilatoare. La unele plante (ex. *Daucus carota*), părţile de rădăcină care cresc la lumină au culoare verde, datorită transformării leucoplastelor şi carotenoidoplastelor din celulele componente, în cloroplaste. La alte plante (în special *Orchidaceae* epifite) rădăcinile aeriene devin organe asimilatoare, bogate în cloroplaste.

La specii de *Taeniophyllum* (fig. 207, A) şi *Polyrrhiza*, plante cu tulpina redusă şi adesea lipsită de frunze, rădăcinile au forma unor benzi lăţite, cu structură dorsoventrală, verzi, îndeplinind funcţia de asimilaţie clorofiliană ; ele nu au stomate, schimburile de gaze făcîndu-se la nivelul unor pneumatode de tip special, rezultate din citoliza sau îndepărtarea celulelor din stratul periferic, protector.

Astfel de rădăcini transformate în organe asimilatoare se întîlnesc şi la unele specii de *Podostemonaceae* tropicale acvatice, adaptate aproape exclusiv la viaţa în cascade. Adaptarea se traduce prin modificări morfologice şi structurale profunde. Rădăcinile, foarte dezvoltate în raport cu celelalte organe vegetative, au forma unor benzi ramificate, fixate de stînci prin crampoane sau peri scurţi, unicelulari, comparabili cu cei absorbanţi. Faţa dinspre stîncă a rădăcinilor este turtită, cu simetrie bilaterală, morfologică şi anatomică ; celulele feţei superioare sînt mai bogate în cloroplaste, formînd un ţesut palisadic ce aminteşte pe cel de la frunze.

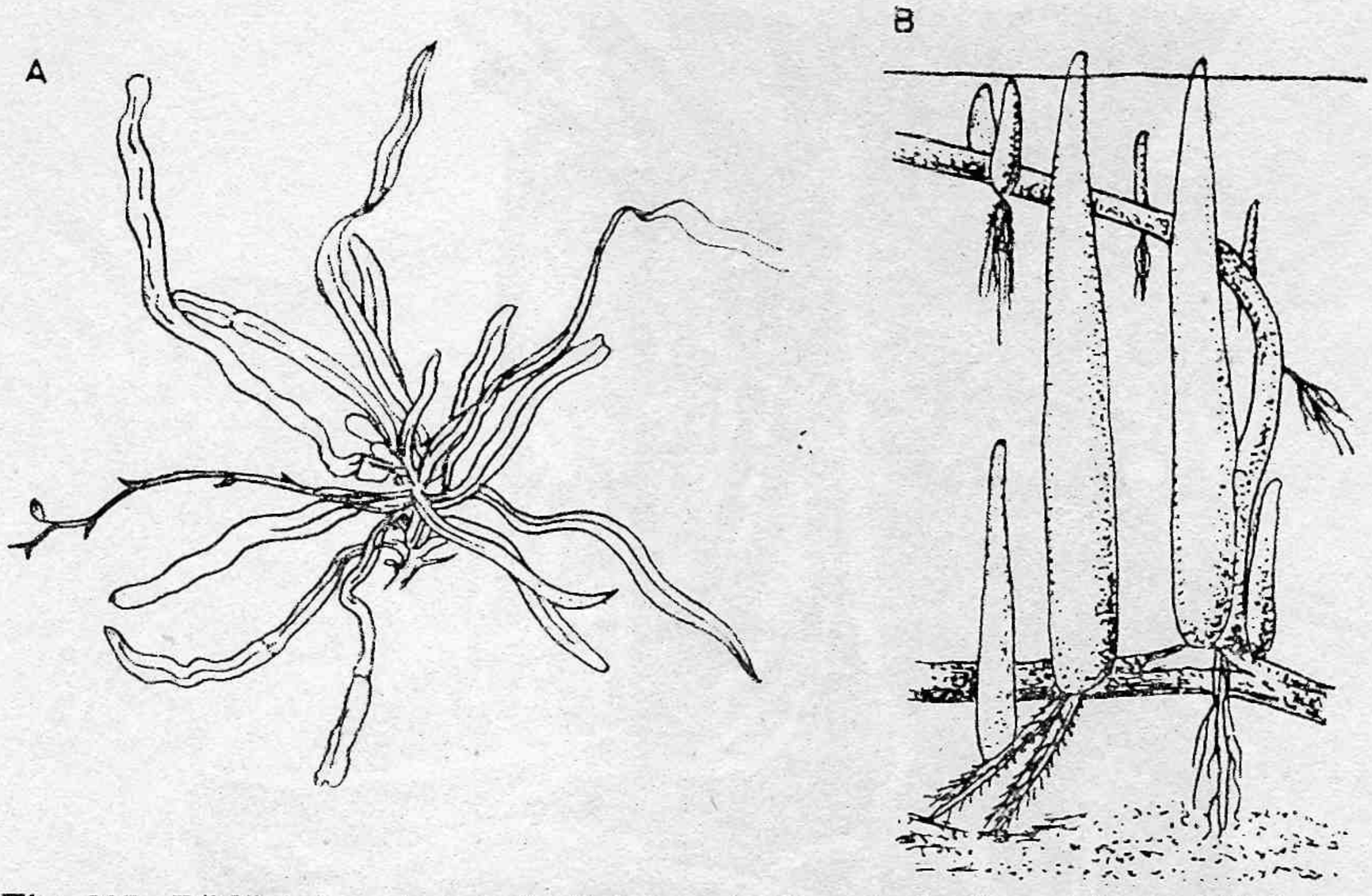


Fig. 207. Rădăcini aeriene asimilatoare de *Taeniophyllum* (*A*) şi rădăcini respiratoare (*B*) de *Jussiaea repens* (după Strasburger).

Aşadar, în acest caz rădăcina îndeplineşte atît funcţia de fixare şi absorbţie, cît şi pe cea de fotosinteză.

Rădăcini respiratoare sau pneumatofori. La arbori şi arbuşti din pădurile de mangrove (*Sonneratia*), precum şi la unele specii lemnoase (*Taxodium distichum*), ori ierbacee (*Jussiaea repens)* (fig. 207, B) ce trăiesc pe terenuri mlăştinoase din regiunile tropicale, rădăcinile produc ramuri cu geotropism negativ, respiratoare, numite *pneumatofori*, prin care aerul atmosferic este condus la rădăcinile subterane. Formarea acestor pneumatofori, cu structură specială, constituie o adaptare care înlătură consecinţele defectuoase ale aerisirii terenurilor mlăştinoase.

Pneumatoforii de *Sonneratia, Taxodium* etc. au un aerenchim spongios, reprezentat prin spaţii aerifere mari şi posedă un înveliş subţire de suber (exodermă) în care, la vîrful rădăcinii, se formează de timpuriu pneumatode de tip special ; prin acestea, aerenchimul comunică cu atmosfera externă.

La plantele ierbacee (ex. *Jussiaea repens*) (fig. 207, B), rădăcinile respiratoare iau naştere de pe rizomi orizontali, cresc vertical în sus şi aprovizionează cu oxigen părţile submerse ale plantei. Ele au un aerenchim lamelar foarte bine dezvoltat, care ocupă cea mai mare parte din grosimea lor şi comunică cu atmosfera externă prin pneumatode formate la vîrful pneumatoforului, prin dezorganizarea exodermei ; aerenchimul înconjură un cilindru de ţesut conducător foarte redus.

Rădăcini—haustori. Sîn acelea care pătrund în ţesuturile vii ale altor plante, care constituie gazdele şi din care extrag substanţele hrănitoare necesare lor. Haustorii se dezvoltă lateral, atît din tulpinile aeriene şi cele subterane, cît şi din rădăcinile subterane. Haustorii care se dezvoltă din rădăcinile subterane sînt caracteristici pentru plantele care duc o viaţă parazitară sau semiparazitară, ca de ex. *Orobanche* (verigel), *Thesium* (măciulie), *Melampyrum* (sor cu frate) etc.

5.4.3. METAMORFOZELE TULPINII

5.4.3.1. TULPINI AERIENE

Tulpini cu rol de asimilaţie. În ţinuturile de pustiu plantele îşi modifică în aşa fel structura pentru a putea îndeplini funcţia de fotosinteză, încît tulpinile devin asimilatoare, formînd aşa-numitele *cladodii* (fig. 208). Ca exemplu de cladodii menţionăm speciile de *Opuntia*, la care ramurile sînt turtite în formă de frunze, cu un parenchim clorofilian puternic dez-

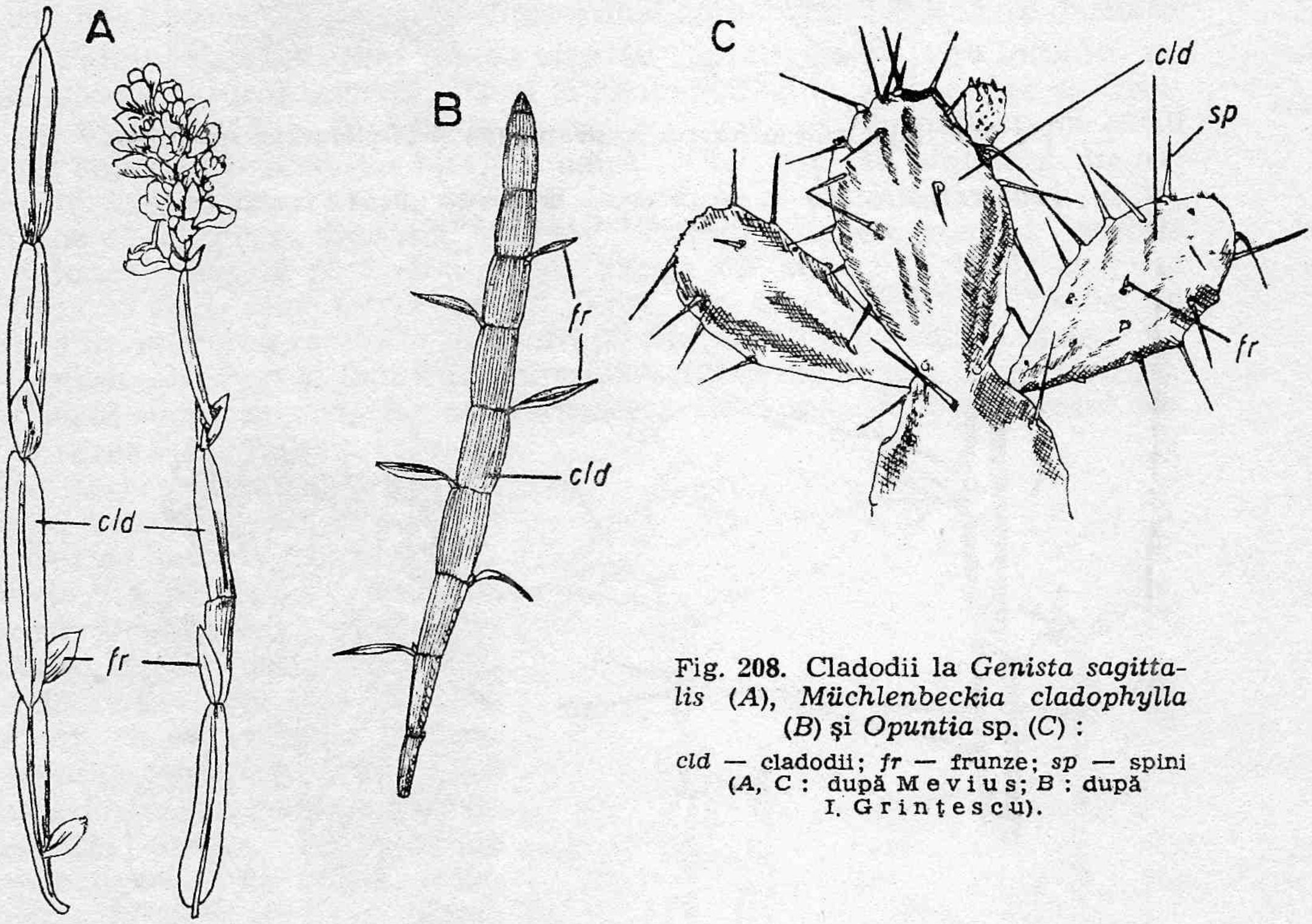


Fig. 208. Cladodii la *Genista sagittalis* (*A*), *Müchlenbeckia cladophylla* (*B*) şi *Opuntia* sp. (*C*) :
cld — cladodii; *fr* — frunze; *sp* — spini (*A, C* : după M e v i u s; *B* : după I. G r i n ţ e s c u).

voltat ; ele nu au o creştere determinată. *Filocladiile* (fig. 209) sînt de asemenea ramuri turtite, care se deosebesc de primele prin aceea că prezintă o creştere determinată. Ca exemplu citǎm pe *Ruscus aculeatus* (ghimpe) şi unele plante ce trăiesc în deşerturi, cum ar fi diferite specii de *Cactaceae* şi *Euphorbiaceae*, la care tulpinile devin cărnoase, suculente, cu rol de asimilaţie ; la acestea, frunzele sînt reduse sau transformate în spini, iar tulpinile lor au mult ţesut acvifer. Tulpinile asimilatoare mai pot avea forma unor vergi lipsite de frunze şi sînt denumite atunci *virgate* sau *juncoide*, iar ca exemple putem aminti pe *Scirpus lacustris* (pipirig) şi *Juncus effusus* (rugină).

Tulpini transformate în spini (fig. 210). Alte modificări ale ramurilor sînt şi *spinii*, respectiv *ghimpii*, care se dezvoltă şi la xerofitele din ţara

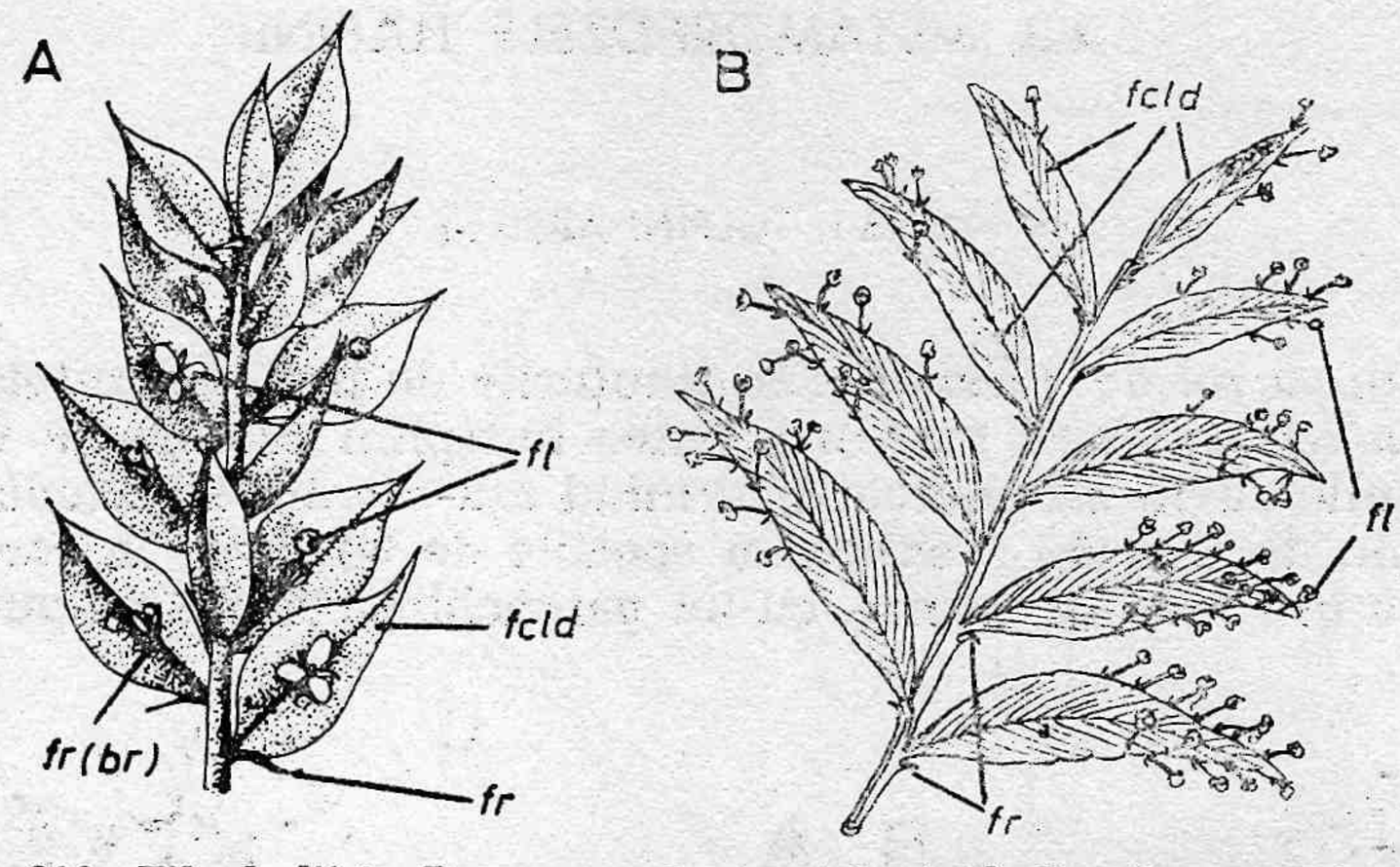


Fig. 209. Filocladii la *Ruscus aculeatus* (*A*) și *Phyllanthus speciosus* (*B*) :

fcld — filocladii; *fl* — floare; *fr* (*br*) — bractee (*A* : după Strasburger; *B* : după I. Grințescu).

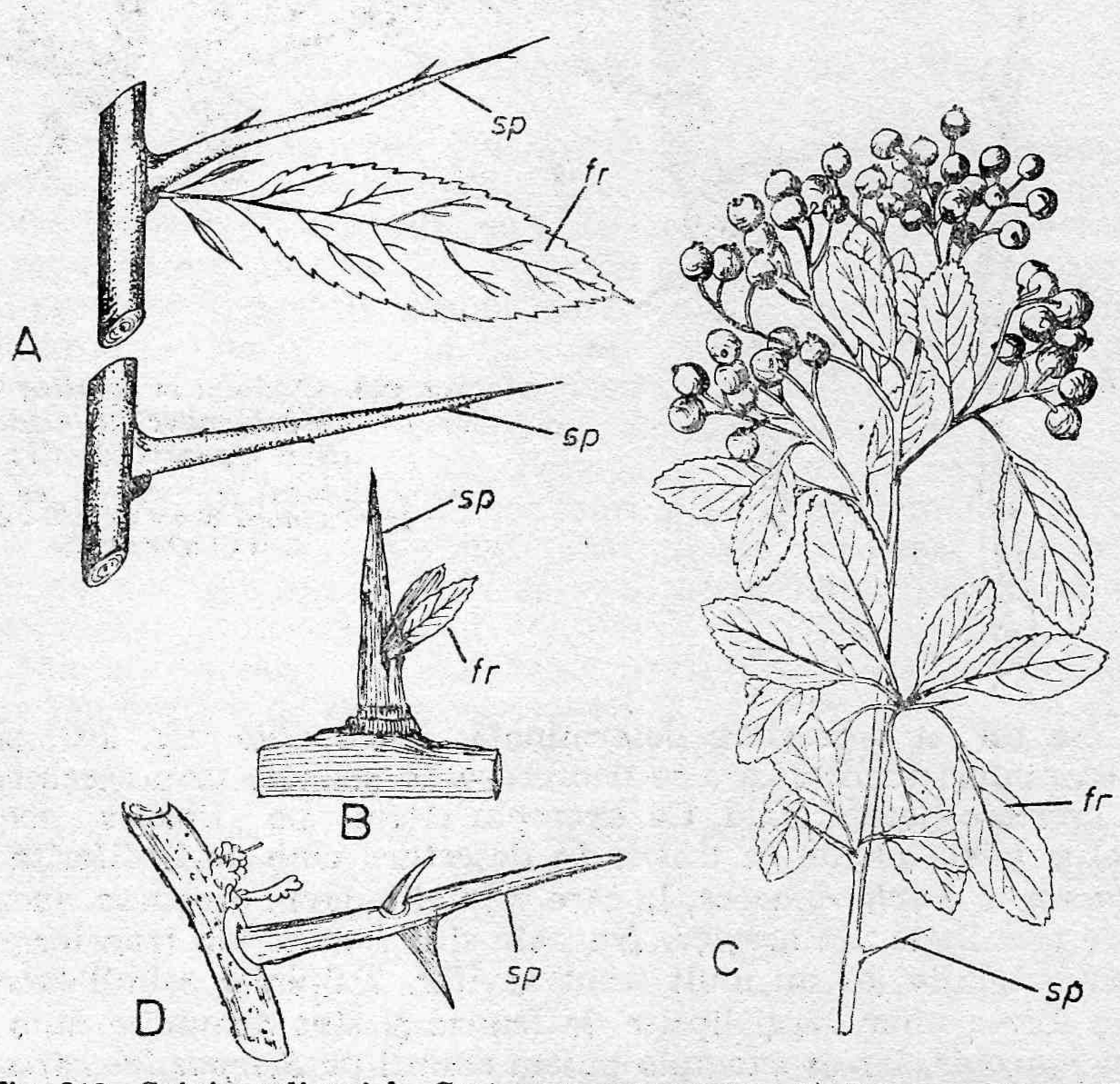


Fig. 210. Spini caulinari la *Crataegus monogyna* (*A*), *Prunus spinosa* (*B*), *Pyracantha coccinea* (*C*) și *Gleditschia triacanthos* (*D*) :

fr — frunză; *sp* — spini (*A* : după Straburger; *B*, *D* : după I. Grințescu; *C* : după Flora R.P.R.).

noastră ce cresc în regiunile mai secetoase. Astfel, spinii de la *Crataegus monogyna* (păducel), *Prunus spinosa, Pyracantha coccinea, Gleditschia triacanthos* iau naștere din dezvoltarea ramurilor sau axelor și sînt denumiți *spini caulinari.*

Spinii care iau naştere din dezvoltarea unor anumite părți din frunză sau chiar din toată frunza, se numesc *spini foliari.* Astfel, la *Berberis vulgaris* frunzele în întregime se transformă în spini, iar la *Robinia pseudacacia* stipelele se transformă în spini (v. fig. 192, B).

Comparînd structura unui spin cu aceea a unei ramuri obișnuite, se vede că în spin țesutul conducător este foarte redus (uneori nici nu mai conține vase), ca dealtfel și parenchimul cortical. În schimb, toate celelalte țesuturi sînt sclerificate și lignificate, dînd spinului o foarte mare duritate.

Tulpini volubile. Sînt acelea care au capacitatea de a se încolăci, ridicîndu-se în jurul unor suporturi și răsucindu-se în spirală. Ele au însușirea de a se ridica, învîrtindu-se în jurul unei alte tulpini ori în jurul unui suport sau arac. La început, adică atîta timp cît sînt încă tinere, aceste tulpini cresc drept, vertical, iar după un anumit timp vîrful lor începe să se miște, descriind un cerc. Această mișcare, numită *„nutație rotatorie“*, durează pînă cînd planta atinge un suport vertical, în jurul căruia se învîrtește într-o spirală largă. La acest efect contribuie, în afară de *mișcarea rotatorie*, și *geotropismul negativ* al tulpinii. Este interesant de observat și faptul că tulpinile volubile nu numai că se învîrtesc în jurul unui suport, dar se și răsucesc ele însele în jurul axului lor. Învîrtirea tulpinilor volubile (fig. 211) se face înspre dreapta, adică în același sens cu mersul acelor de ceasornic, ca de exemplu la *Humulus lupulus* (hamei) ; aceste plante se numesc *dextrorse.* În cele mai multe cazuri învîrtirea se face însă în sens invers, ca de exemplu la *Convolvulus arvensis* (volbura), *Cuscuta, Phaseolus coccineus, Aristolochia durior,* iar plantele respective sînt denumite *sinistrorse.* Sînt, în sfîrșit, și plante volubile ale căror tulpini se învîrtesc cîtva timp într-un sens și apoi își schimbă direcția, învîrtindu-se în sens contrar, ca de exemplu la *Solanum dulcamara* (lăsnicior), iar în unele cazuri și la *Convolvulus arvensis.* La plantele volubile se mai observă existența unei corelații între diametrul suportului și diametrul unui circuit ; dacă această corelație nu este îndeplinită, planta „refuză“ să se

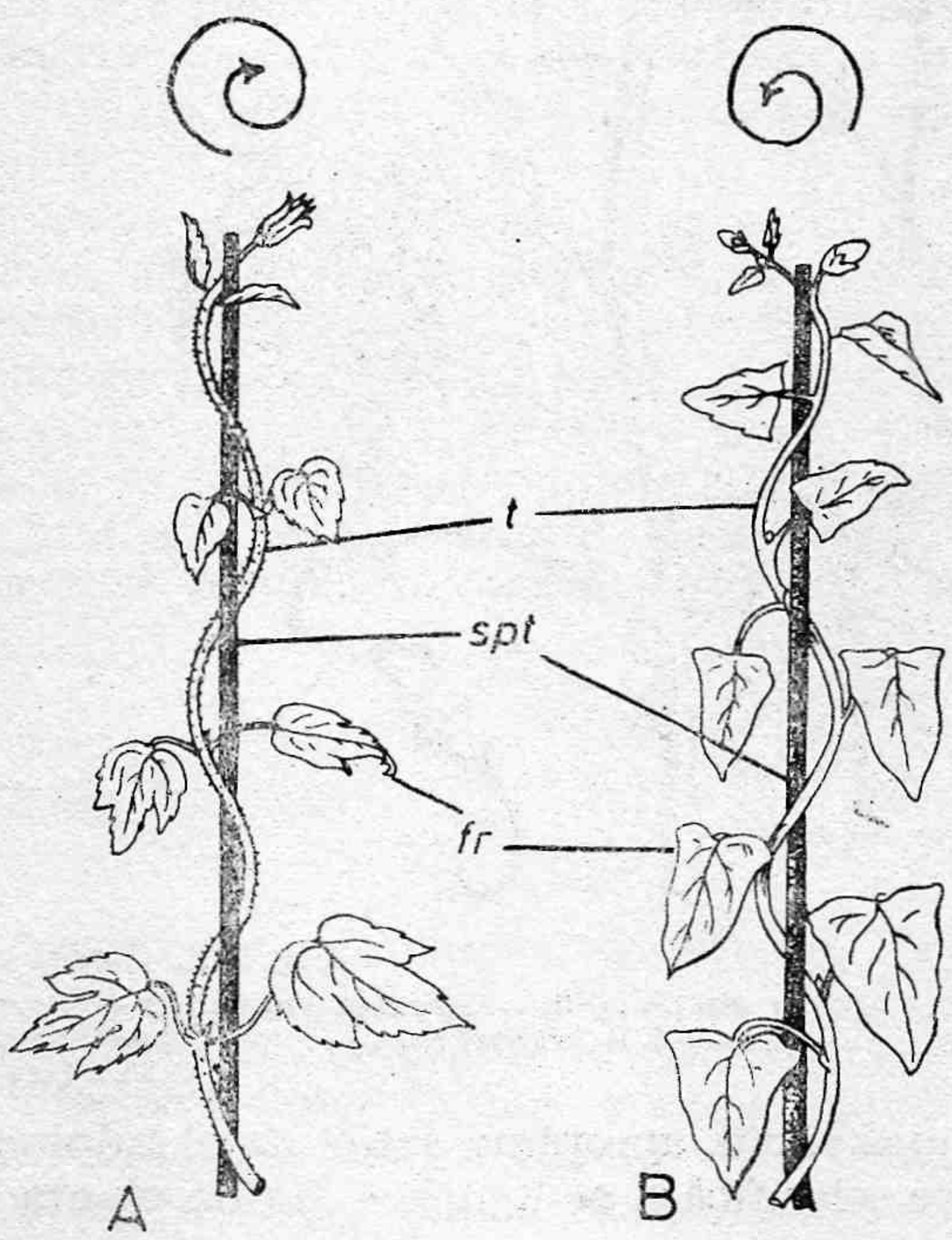


Fig. 211. Tulpini volubile :
A — Humulus lupulus; B — Convolvulus arvensis;
fr — frunză; *spt* — suport; *t* — tulpină
(după I. Grințescu).

învîrtească. Plantele lemnoase volubile prezintă o structură anatomică particulară, datorită creşterii inegale a ţesuturilor interne faţă de cele externe, care uşurează mişcările de învîrtire.

Plantele volubile sînt frecvente îndeosebi în pădurile tropicale, unde datorită condiţiilor mediului de viaţă acestea prezintă o creştere rapidă. În felul acesta se dezvoltă un frunziş abundent în vîrf, care are nevoie de multă lumină, ce nu poate fi folosită decît prin modificările particulare ale tulpinilor slab lignificate, care le înlesnesc mişcările necesare. În pădurea de la Letea, din Delta Dunării, creşte o liană volubilă numită *Periploca graeca*, care prezintă tulpini lemnoase cu frunze ovale şi care se încolăceşte în jurul arborilor.

Tulpini transformate în cîrcei (fig. 212). Cîrceii sînt organe laterale şi sensibile, deci ramuri adaptate la rularea tulpinii pe diferite suporturi. La *Vitis vinifera* astfel de ramuri sînt lungi şi subţiri, terminate cu un fel de croşet, lipsite de frunze. După ce atinge suportul, cîrcelul îl încon-

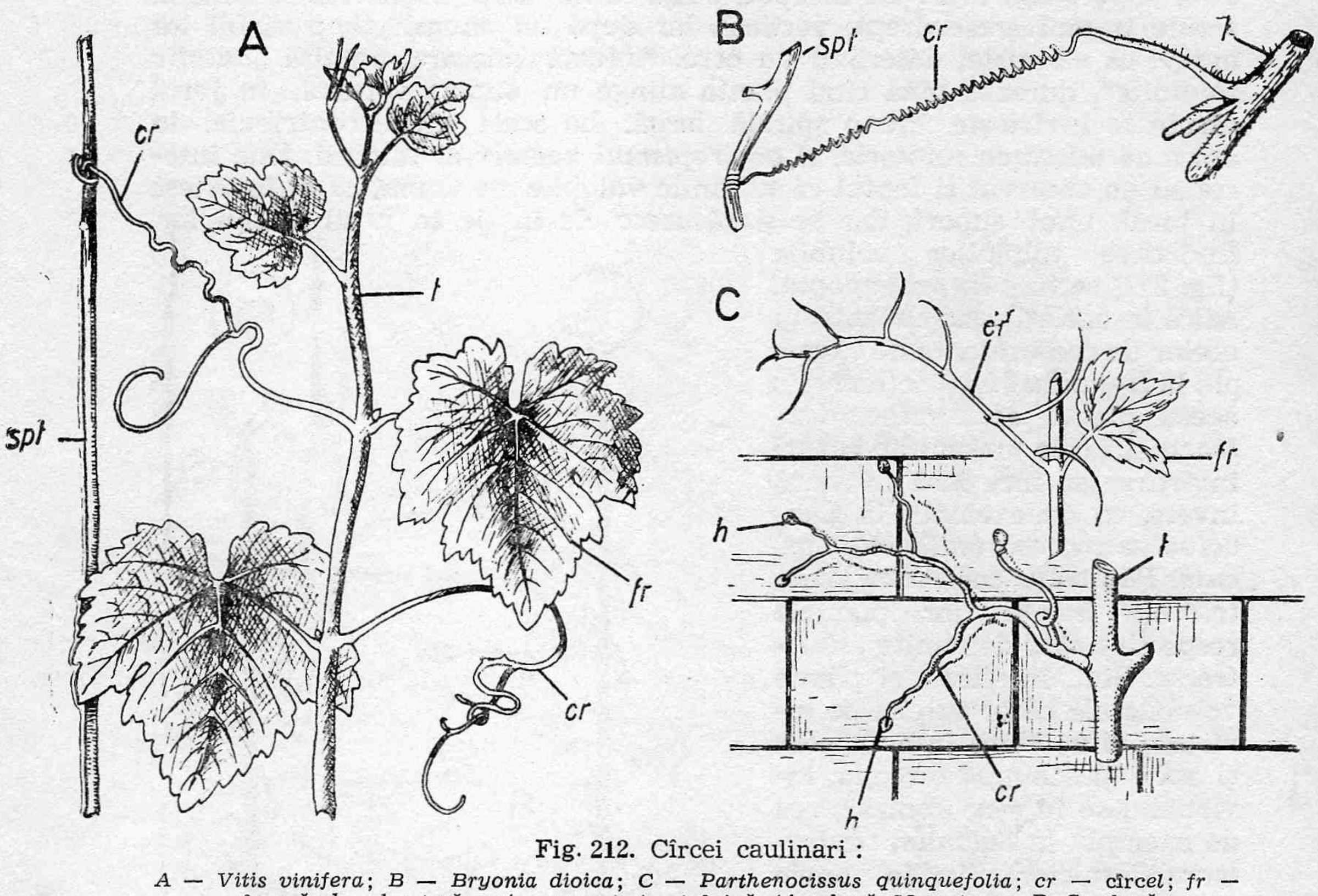


Fig. 212. Cîrcei caulinari :
A — Vitis vinifera; *B — Bryonia dioica*; *C — Parthenocissus quinquefolia*; *cr* — cîrcel; *fr* — frunză; *h* — hapteră; *spt* — suport; *t* — tulpină (*A* : după Mevius; *B, C* : după I. Grinţescu).

jură rapid, apropiind astfel de el tulpina foliată. În cele din urmă cîrcelul se sclerifică şi se lignifică, fixînd planta bine de suport.

Cîrceii se numesc caulinari, ca de exemplu la *Bryonia dioica* (mutătoarea), *Vitis vinifera*, *Parthenocissus quinquefolia*, *P. tricuspidata* (viţa de Canada), la care ramuri întregi se transformă în cîrcei ramificaţi. La

Parthenocissus, vîrfurile cîrceilor se transformă în ventuze, haptere sau discuri adezive, cu care se fixează de suport.

Tulpini agățătoare. Prin plante cu tulpini agăţătoare sau urcătoare se înţeleg acelea care au capacitatea de a se agăţa de un suport, de exemplu de altă plantă, de garduri, de ziduri, cu ajutorul unor organe mai mult sau mai puţin specializate. Unele dintre aceste plante agăţătoare se caracterizează prin însușirea ce o au de a se rezema cu ajutorul ramurilor lor normale de alte plante.

Plantele cu tulpini agăţătoare pot fi atît ierbacee cît şi lemnoase şi deosebirea între ele se bazează numai pe gradul de dezvoltare a elementelor conducătoare şi mecanice, din punct de vedere al capacităţii de a se prinde sau de a se sprijini de anumite suporturi neexistînd diferenţe. Trebuie reţinut totuşi că noţiunea de plante agăţătoare se atribuie îndeosebi plantelor cu tulpini puternice, lignificate.

Plantele agăţătoare, în lupta lor de a avea mai multă lumină şi spaţiu, şi-au format anumite *„întocmiri“*, fapt pe care se bazează şi deosebirea mai multor categorii : plante care se urcă sprijinindu-se cu ramurile lor îndoite îndărăt pe suport, numite *tulpini plectante*, ca la *Solanum dulcamara* (lăsnişor), *Cucubalus baccifer* (guşa porumbelului) ; plante care se sprijină sau se ţin agăţate cu ajutorul ghimpilor sau spinilor în formă de emergenţe, ca la *Rosa, Rubus idaeus* (smeur), plante care se sprijină sau se ţin agăţate cu ajutorul unor peri rigizi în formă de cîrlige, ori încîrligaţi, ca la *Galium aparine* (lipicioasă).

Tulpini cărnoase (suculente). Unele plante, ce cresc de obicei în ţinuturile calde, au tulpini aeriene foarte îngroşate. Aşa sînt cactaceele (îndeosebi speciile de *Opuntia* şi *Cereus*), la care frunzele sînt reduse la ţepi. Astfel de plante au într-o mare măsură şi rol asimilator.

De regulă, tulpinile cărnoase au ţesutul conducător redus, măduva şi scoarţa formate dintr-un parenchim acvifer foarte dezvoltat, cu celule mari. Celulele superficiale ale scoarţei conţin puţine cloroplaste. Epiderma are o cuticulă foarte groasă ; stomatele au o frecvenţă mică. În plus, celulele parenchimului ce formează scoarţa şi cilindrul central conţin substanţe ce pot reţine cu uşurinţă apa. În felul acesta, plantele cu astfel de tulpini sînt adaptate la o transpiraţie moderată, ţesutul parenchimatic constituind o rezervă de apă necesară plantei în timpul perioadelor de uscăciune.

5.4.3.2. TULPINI SUBTERANE

Rizomi. Sînt tulpini care se dezvoltă în sol, neavînd clorofilă şi fiind astfel adesea confundaţi cu rădăcina ; au rolul de a înmagazina materiile nutritive şi de înmulţire vegetativă. Prezintă de regulă internodii scurte, deci sînt *microblaste ;* uneori au internodii lungi, în care caz iau denumirea de *macroblaste*. La noduri sînt dispuse rădăcini adventive şi frunze solzoase, rudimentare, la subsuoara cărora sînt adăpostiţi mugurii ; în cazul în care frunzele rudimentare ajung la suprafaţa solului, au clorofilă şi prezintă o structură normală. Deosebirea rizomilor de rădăcină constă în aceea că ei au muguri la subsuoara frunzelor rudimentare, care apar

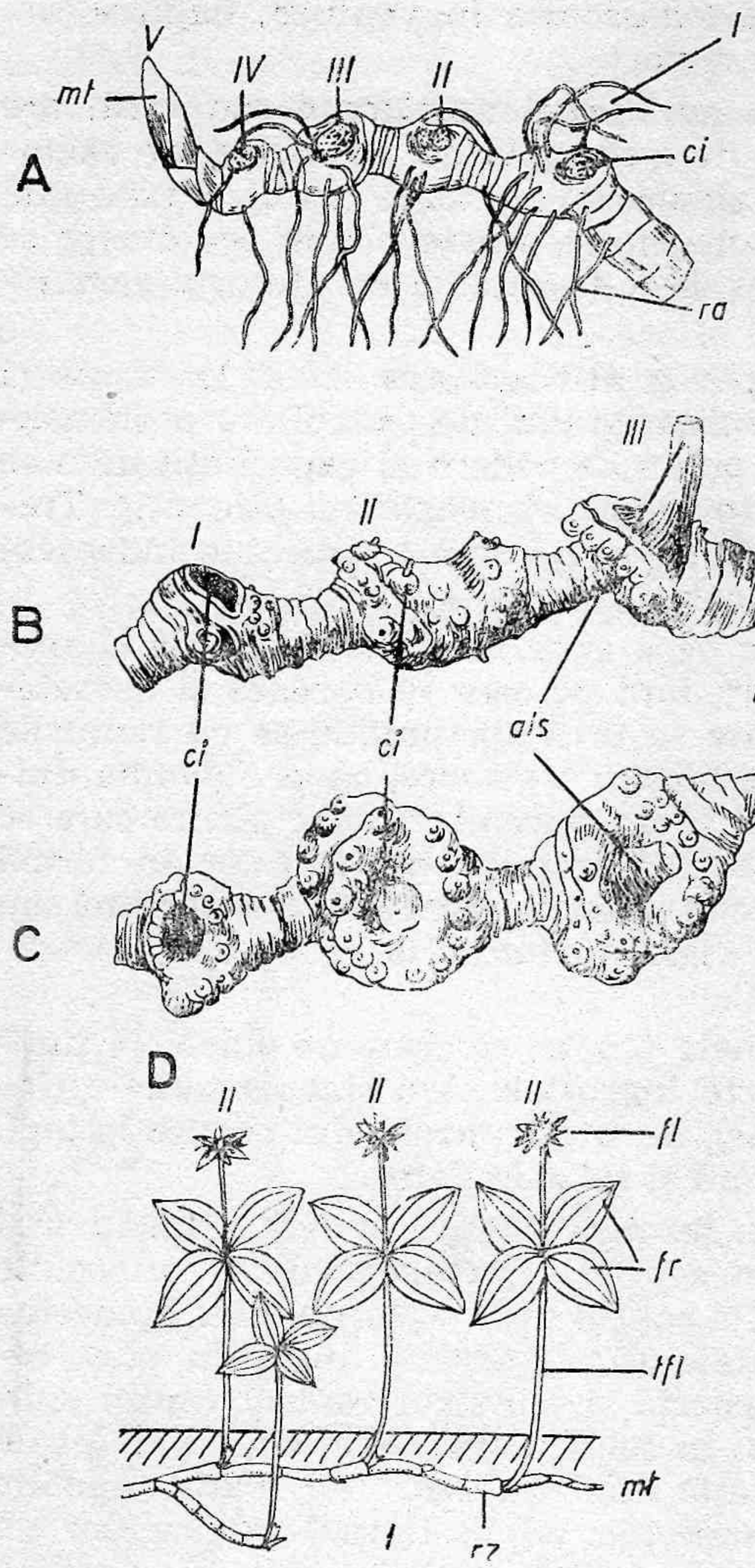


Fig. 213. Rizomi :

A, B, C — Polygonatum multiflorum (*A* — partea terminală; *B* — văzută din profil; *C* — văzută de sus); *D — Paris quadrifolia*; *als* — axa laterală simpodială din penultimul an; *ci* — cicatricile tulpinilor aeriene; *fl* — floare; *fr* — frunză; *mt* — mugur terminal; *ra* — rădăcini adventive; *rz* — rizom; *tfl* — tulpină floriferă; *I—V* — cicatricile tulpinilor aeriene care s-au succedat anual (*A—C* : după M e v i u s; *D* : după S t r a s b u r g e r).

sub formă de scvame, nu au niciodată piloriză, iar structura lor internă este identică cu a tulpinii.

Poziția rizomilor în sol (fig. 213) poate fi verticală, ca la *Primula, Trifolium, Taraxacum, Fragaria* sau orizontală, ca la *Convallaria majalis, Polygonatum*. Datorită unor particularități de organizare, rizomii se pot clasifica după simetrie în bilateral-monosimetrici și, mai rar, radiari. După direcția de creștere : *ortotropi* sau *plagiotropi* ; după formă : cilindrici, comprimați, tuberiformi sau filiformi. După modul de ramificare : rizomi cu *ramificație monopodială*, care se aungesc în sens acropetal, prin mugurii lor terminali, iar ramurile florilor iau naștere din mugurii axilari ; în această situație rizomul principal rămîne continuu în sol și are o *creștere indefinită*, ca la *Paris quadrifolia* (dalac), *Convallaria majalis, Oxalis acetossela* etc. ; rizomi cu *ramificație simpodială*, la care tulpina floriferă ia naștere din mugurul terminal, în care caz vîrful rizomului iese din sol în fiecare an ; ei au deci o *creștere definită*, alungirea rizomului făcîndu-se prin dezvoltarea mugurilor axilari, ca de exemplu la *Polygonatum multiflorum, Iris, Fragaria*. La *Polygonatum multiflorum* se dezvoltă o tulpină aeriană floriferă (la subsuoara unui solz), la baza căreia se ivește un mugur axilar care va da naștere ulterior unei ramuri orizontale subterane. Primăvara, vîrful acestei ramuri iese la suprafața solului și formează o tulpină floriferă ; toamna, aceasta se usucă și cade, lăsînd o cicatrice care permite stabilirea vîrstei rizomului. Articolele sau părțile constitutive ale rizomului trăiesc mai mulți ani, iar lungimea rizomului este dependentă de gradul de rezistență

al acestora, formarea articolelor noi făcîndu-se pe măsură ce putrezesc acelea din anii precedenţi. La cei mai mulţi rizomi, mugurii terminali şi axilari sînt apăraţi de cîteva scvame subţiri.

La *Dicotyledonatae*, ca de exemplu *Cochlearia armoracia* dintre *Cruciferae*, rizomul prezintă o *structură secundară*, cu ţesuturi vasculare de tip inelar, în care elementele sclerificate şi lignificate sînt extrem de reduse ; sînt prezente doar puţine fibre periciclice şi perimedulare ; parenchimul lemnos rămîne în întregime celulozic. Parenchimul cortical şi mai ales cel medular este foarte dezvoltat ; în el se află celule cu mirosină. În măduvă se disting şi mici insule de ţesut liberian. Rizomul este protejat de un periderm, care înlocuieşte epiderma exfoliată.

La alte dicotiledonate, ca de exemplu la *Trifolium pratense* dintre *Leguminosae* (trifoi roşu), se distinge un periciclu pluristratificat în dreptul fasciculelor conducătoare, iar scoarţa se termină cu un endodermoid cristalifer. Liberul conţine numeroase fibre de sclerenchim. Tot parenchimul cortical, liberian şi medular este bogat în grăuncioare de amidon.

La *Monocotyledonatae*, ca de exemplu la *Agropyron repens* (pir) dintre *Gramineae*, epiderma este sclerificată şi lignificată, fără cuticulă şi fără stomate. Hipoderma este sclerificată, iar în scoarţa parenchimatică se văd urme foliare ce pătrund în solzii omologi frunzelor. Fiecare fascicul vascular este înconjurat de o endodermă de tip terţiar proprie şi cuprinde puţine elemente conducătoare, slab diferenţiate. Cilindrul central prezintă o zonă externă sclerificată (cu două inele de fascicule libero-lemnoase) şi o zonă internă celulozică.

La *Liliaceae* (dintre care amintim pe *Convallaria*, *Polygonatum* etc.), la *Iridaceae* (ex. *Iris)* ş.a., scoarţa este foarte bine dezvoltată şi se termină cu o endodermă terţiară, iar cilindrul central începe cu un periciclu adesea bistratificat. În parenchimul fundamental al cilindrului central se află implîntate două tipuri de fascicule conducătoare : colateral-închise şi concentric-leptocentrice.

În concluzie, rizomii se caracterizează prin : scoarţă bine dezvoltată, puţine elemente de susţinere, endodermă bine individualizată, ţesut conducător mai redus, aparat de protecţie mai dezvoltat. Toate celulele de parenchim, indiferent cărei zone anatomice aparţin, sînt bogate în substanţe nutritive (în special grăuncioare de amidon).

Bulbi sau muguri subterani (fig. 124). La *Allium cepa*, partea inferioară a tulpinii este modificată în formă de disc şi turtită dorsoventral ; pe ea se dezvoltă rădăcini adventive şi frunze bogate în substanţe de rezervă, care împreună formează ceea ce se numeşte *bulb*. La acesta se distinge o axă (denumită şi *inima bulbului*), în vîrful căreia se află un mugur din care se va dezvolta lăstarul aerian florifer. În afară de acest mugur, la subsuoara frunzelor se mai pot forma şi alţi muguri axilari, laterali, din care vor lua naştere alţi bulbi. La *Tulipa gesneriana* (lalea), *Scilla bifolia* ş.a., tulpina floriferă se formează din mugurul terminal, iar din mugurii axilari se formează *bulbi de înlocuire* şi ca atare creşterea unui astfel de bulb este simpodială. O creştere monopodială se întîlneşte la *Narcissus*, *Galanthus nivalis*, la care tulpina floriferă se dezvoltă dintr-un mugur axilar, iar din mugurul terminal se formează bulbul de înlocuire. La *Allium sativum* (usturoi), mugurii axilari ai bulbului se tu-

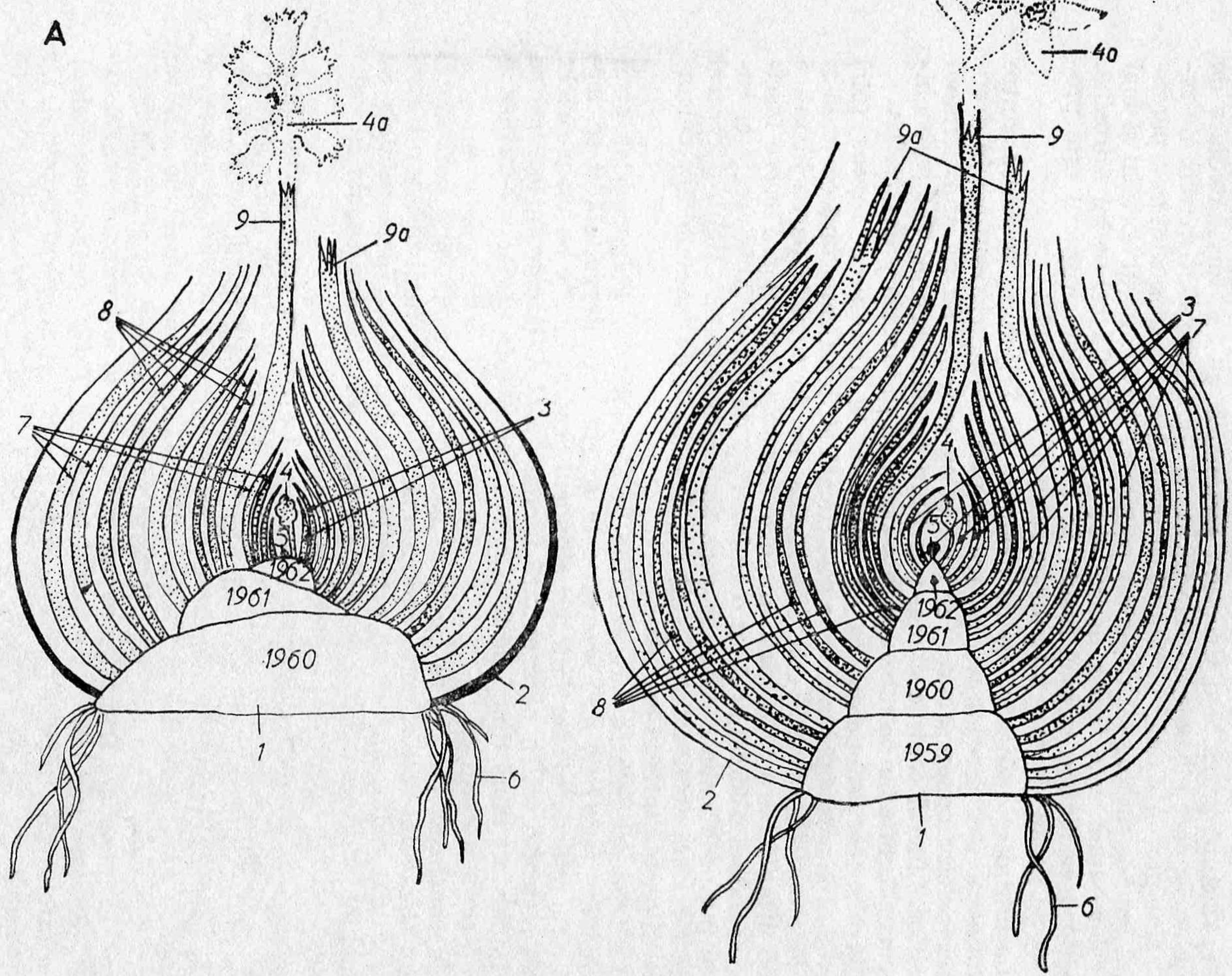


Fig. 214. Alcătuirea bulbilor :

A — simpodial, de trei ani (*Hyacinthus* sp.); *B* — monopodial, de patru ani (*Narcissus* sp.); *1* — disc tulpinal; *2* — catafile moarte; *3* — frunze ale viitoarei perioade de vegetaţie; *4* — primordiul florii (*B*) şi al inflorescenţei (*A*); *4 a* — floare (*B*) şi inflorescenţă (*A*) din anul precedent; *5* — mugur de reînnoire; *6* — rădăcini adventive; *7* — solzi-frunze inferioare;; *8* — solzi-teci foliare; *9* — porţiune din pedunculul florii (*B*) şi al inflorescenţei (*A*) din anul curent; *9 a* — rest din pedunculul florii (*B*) şi al inflorescenţei (*A*) din anul trecut (după F e d o r o v şi colab.).

berizează formînd *bulbili*, denumiţi popular şi „căţei“ şi care la un loc formează aşa-numita „*căciulie*“ sau „*căpăţînă*“.

Ţinînd seama de felul cum se acoperă frunzele între ele se deosebesc *bulbi tunicaţi*, la care frunzele se acoperă complet una pe alta, ca la *Allium cepa*, *Tulipa gesneriana* etc. şi *bulbi solzoşi*, ca la *Lilium* (crin) ş.a., la care acoperirea frunzelor se face doar parţial.

La alcătuirea bulbului de la *Allium cepa* iau parte tecile frunzelor normale, dintre care cele din interior sînt cărnoase şi constituie locul de înmagazinare a materiilor nutritive şi a apei, iar cele de la exterior sînt subţiri, adesea uscate, avînd doar rol de apărare.

Tot dintre tulpinile metamorfozate, adaptate pentru înmulţirea vegetativă, fac parte *bulbilele* şi *tuberulele*. Ele reprezintă muguri axilari, foliari sau florali, tuberizaţi prin acumulare de substanţe nutritive ; sînt, de fapt, microblaste rămase în stare de muguri. Detaşate de pe planta mamă şi căzînd pe sol, ele se înrădăcinează şi devin noi plante.

Bulbilele au tuberizate mai cu seamă frunzele. La *Dentaria bulbifera* se tuberizează mugurii vegetativi axilari ; la specii de *Allium*, *Lilium*, ca şi la *Poa bulbosa* monstruozitatea, „vivipara“, se tuberizează mugurii florali. *Tuberulele* au tuberizată partea axială, frunzele pierind de timpuriu. La *Ficaria verna* tuberulele provin din mugurii vegetativi axilari, iar la *Polygonum viviparum* (iarba şopîrlelor), din mugurii florali.

Tulpini supraterane tuberizate (fig. 215). La *Coelogyne*, epifită din ţinuturile tropicale, care creşte pe copaci, ca şi la *Brassica oleracea* var. *gongylodes* tulpinile sînt îngroşate şi pline cu materii de rezervă.

Tulpini subterane tuberizate. Se pot tuberiza şi tulpinile subterane, ca la *Colchicum autumnale* (brîndușa de toamnă) şi *Crocus sativus* (şofran). La *Solanum tuberosum* (fig. 215, A, C) se află, de asemenea, tulpini care se tuberizează şi care se numesc *stoloni*. În general, stolonii sînt tulpini ce se tîrăsc pe sol, deci sînt supraterane, dar la cartof stolonii sînt subterani şi formează *tuberculul*, care nu conţine clorofilă ; totuşi, el poate înverzi dacă se află în condiţii de lumină. Pe un tubercul de cartof se pot lesne vedea mici scobituri cunoscute popular sub numele de „ochi“, care reprezintă formaţiuni constituite dintr-o frunză solziformă incoloră, ce adăposteşte cîte trei muguri din care se vor dezvolta ramuri aeriene. La partea opusă locului de prindere de stolon se află un mugur terminal. La tuberculii de *Helianthus tuberosus*, mugurii se află dispuşi pe nişte proeminenţe.

În ceea ce priveşte structura internă, tuberculul matur de cartof nu prezintă epidermă, ci aceasta este înlocuită cu *peridermul*, adică ţesut secundar ce ia naştere din fologen şi format în cea mai mare parte sau numai din suber. Cilindrul central este redus, în el formîndu-se un cambiu continuu, care produce mai mult liber decît lemn secundar ; în plus, întîlnim şi liber intern, perimedular. Parenchimul cortical primar, pericriclul şi parenchimul liberian sînt foarte bine dezvoltate, celulele componente conţinînd numeroase grăuncioare de amidon. Fasciculele conducătoare sînt reduse, iar măduva puţin dezvoltată.

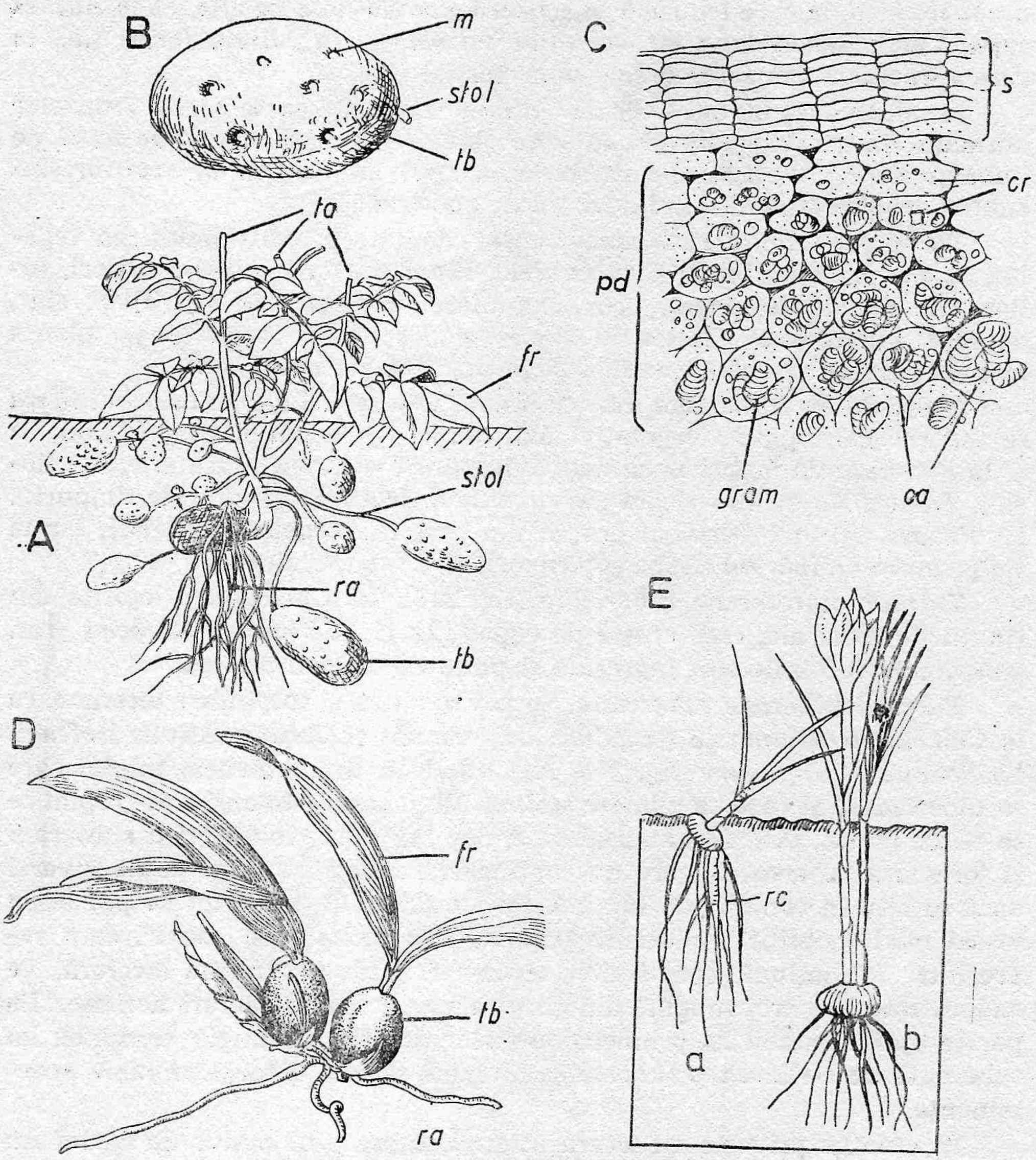


Fig. 215. Tuberculi (*A*—*C*) și bulbi (*D*—*E*) :

A—*C* — *Solanum tuberosum* (*A* — habitusul plantei; *B* — tubercul; *C* — fragment dintr-o secțiune transversală prin tubercul); *D* — *Coelogyne cristata* — tulpină supraterană tuberizată; *E* — *Crocus sativus* — bulb cu rădăcini contractile; *a* — bulbul la suprafața solului; *b* — bulbul la o adîncime potrivită în sol; *ca* — celule cu amidon; *cr* — cristale de albumină; *fr* — frunză; *gram* — granule de amidon; *m* — mugur; *pd* — parenchim de depozitare; *ra* — rădăcini adventive; *rc* — rădăcini contractile; *s* — suber; *stol* — stolon; *ta* — tulpină aeriană; *tb* — tubercul (după I. Grințescu).

5.4.4. METAMORFOZELE FRUNZEI

Frunze cu rol protector. Sînt cele transformate în *spini*. Întreaga frunză devine spin, simplu sau ramificat, ca la *Berberis vulgaris*, cu țesut sclerenchimatic foarte dezvoltat. La *Cactaceae*, mulți spini provin din frunzele microblastelor. Peţiolul, ca la *Pelargonium spinosum*, sau rahisul, ca la *Astragalus* (unghia găii), se transformă în spini ; în primul caz limbul cade, iar în al doilea caz foliolele de pe rahis cad. Părți din limb devin spini, ca la *Carduus* (spin), *Cirsium* (pălămidă), *Carlina* (turtă), *Yucca, Agave, Aloe* ș.a. Stipelele se transformă în spini, ca la *Robina pseudacacia*.

Structura spinilor foliari este mai mult sau mai puțin asemănătoare cu cea a ramurilor transformate în spini, numai că nu se constată niciodată o simetrie radiară în dispoziţia fasciculelor conducătoare.

Tot cu rol protector sînt *bracteele* florilor și *solzii* mugurilor. *Bractele* din jurul florilor de anghinare *(Cynara scolymus)* au aspectul unor solzi lați și cărnoși. La *Melampyrum pratense* bracteele din vecinătatea florilor sînt mai mici decît frunzele obișnuite, subțiri și divizate pe margini. *Solzii* mugurilor nu prezintă stomate. Uneori, ca la *Aesculus hippocastanum*, la fața externă a solzilor se formează un felogen care produce suber cu rol protector, ca și substanțe gumoase produse de epiderma solzilor. Solzii mugurilor corespund întotdeauna părţii bazale de la frunzele normale. În anumite cazuri toate frunzele tulpinii sînt reduse la solzi, cum este cazul de la *Tussilago farfara* (podbal), *Neottia nidus avis* (cuibușor), *Lathraea squamaria* (muma pădurii) ș.a. ; dar, în timp ce la plantele saprofite sau parazite tulpina nu prezintă decît solzi, la cele autotrofe *(Tussilago farfara)* solzii sînt prezenți doar pe tulpinile florifere, care apar primăvara.

Frunze cu rol de agățare. Devin organe mai mult sau mai puțin filiforme (cîrcei), cu proprietatea de a se înfășura în jurul unui suport oarecare, susținînd planta respectivă (fig. 216). Se poate transforma în cîrcel : frunza întreagă, ca la *Lathyrus aphaca*, o parte din foliole și rahisul, sau numai acesta, ca la *Pisum, Vicia, Cucurbita* ș.a., peţiolul, ca la *Clematis vitalba*, stipelele, ca la *Smilax aspera*.

Frunze cu roluri nutritive speciale (fig. 217). Din aceasta categoric fac parte filodiile, rizofilele și frunzele transformate în urne sau nișe. *Filodiile* sînt frunze cu limb redus, peţiolul fiind cel care suplinește funcţia de fotosinteză ; în acest caz, peţiolul poate fi cilindric, ca la *Bryophyllum verticillatum*, comprimat în plan transversal și deci foliarizat, ca la *Oxalis bupleurifolia*, sau comprimat în plan median și foliarizat, ca la *Acacia heterophylla, A. melanoxylon* ș.a. Structura unui astfel de organ metamorfozat este monofacială. *Rizofilele* sînt frunze transformate în organe de absorbţie, ele fiind divizate în lacinii filiforme, ca la *Salvinia natans*. *Frunzele transformate în urne sau nișe* sînt bogate în humus, în care se condensează apa de transpirație. Ca exemplu citățm pe *Dischidia rafflesiana*, epifită cu două feluri de rădăcini adventive : unele formate de pe tulpină și cu rol de fixare în substrat, iar altele pe baza peţiolului și care pătrund în urnele provenite din frunze, de unde absorb apa cu substanțe azotoase. La *Platycerium grande* (ferigă epifită) se disting două feluri

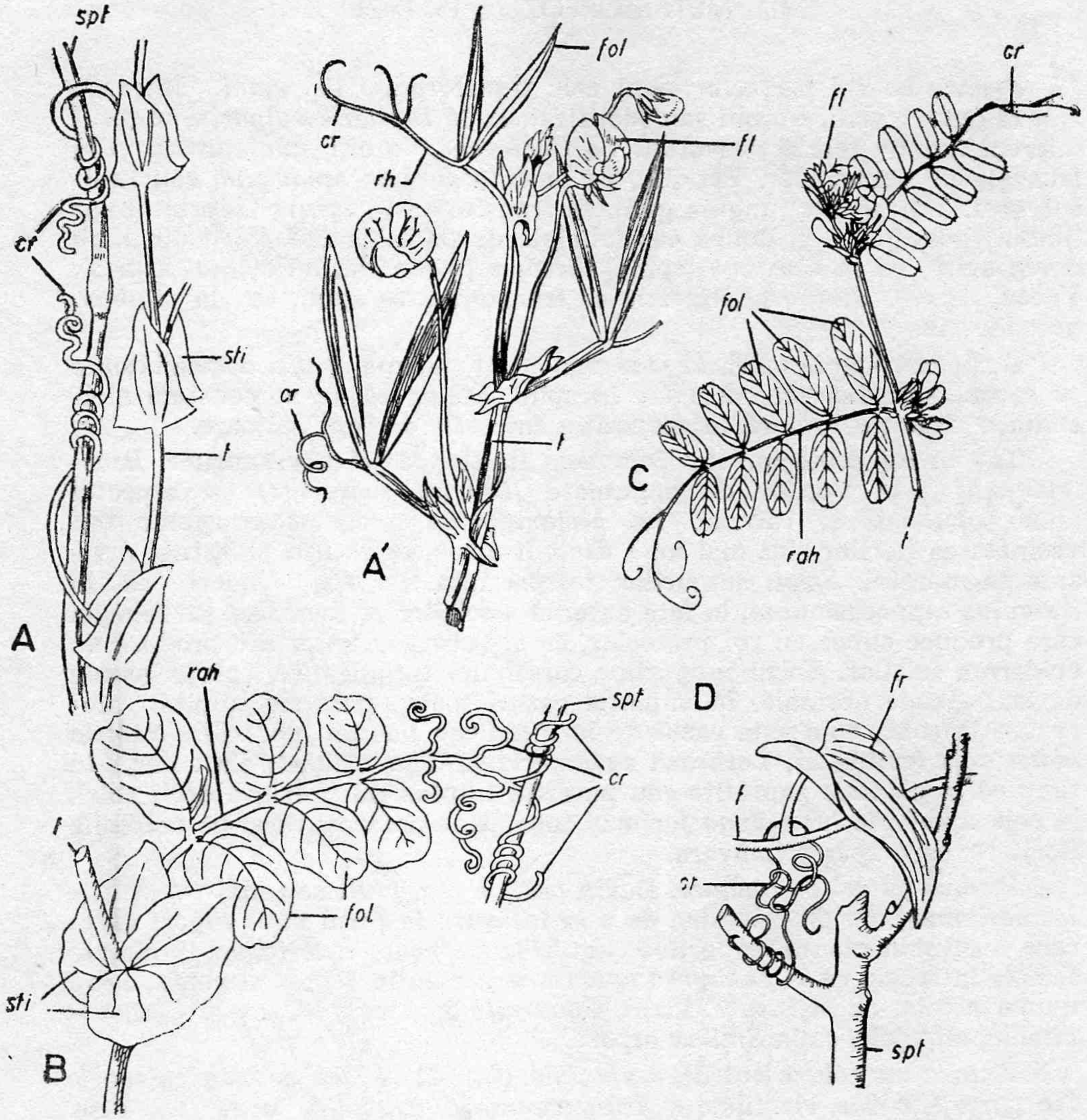


Fig. 216. Cîrcei foliari :

A — Lathyrus aphaca; *A′ — L. sativus*; *B — Pisum sativum*; *C — Vicia sepium*; *D — Smilax aspera*; *cr* — cîrcel; *fl* — floare; *fol* — foliolă; *fr* — frunză; *rah* — rahis: *spt* — suport; *sti* — stipelă; *t* — tulpină (*A—C* : după *I.* Grinţescu; *D* : după Flora R.P.R.).

de frunze : unele asimilatoare, fertile, lungi și divizate, iar altele stipuliforme (aphlebii), la baza rahisului, care se usucă devreme și devin un fel de nișe în care se acumulează humus.

Frunze adaptate pentru simbioză cu furnicile. La baza limbului de la unele plante tropicale (ex. *Tococa lancifolia)* se formează proeminențe găunoase, în care se adăpostesc furnicile. În alte cazuri (ex. diferite specii de *Acacia)* stipelele devin găunoase. Între furnică și plantă se stabilesc

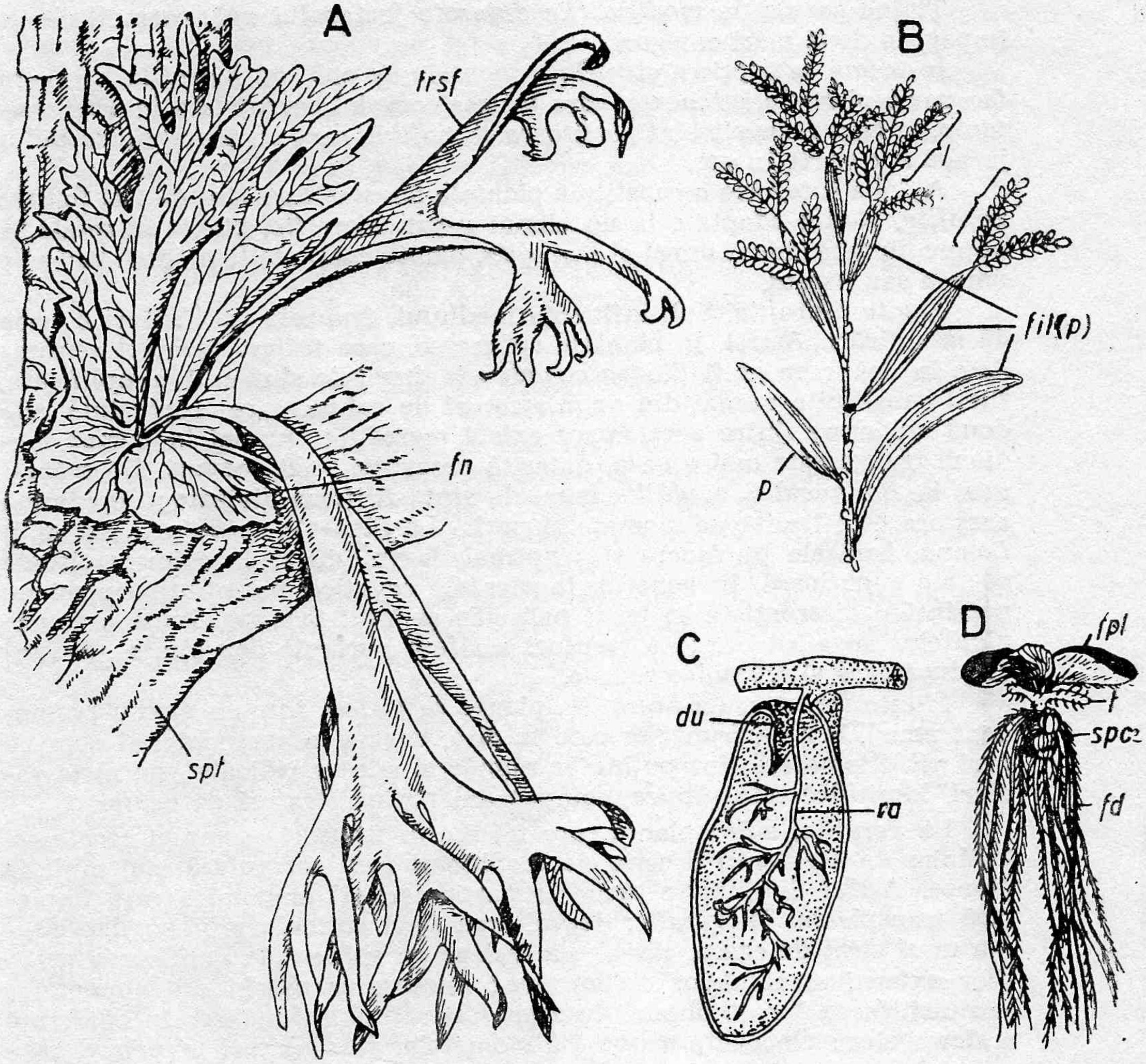


Fig. 217. Frunze metamorfozate :

A — Platycerium wilinki; *B — Acacia melanoxylon*; *C — Dischidia rafflesiana*; *D — Salvinia natans*; *du* — deschiderea urnei; *fd* — frunză submersă filiform-divizată; *fil* (*p*) — filodiu sau peţiol; *fn* — frunză-nişă; *fpl* — frunză plutitoare (natantă); *l* — lamina frunzei tinere; *p* — peţiol; *ra* — rădăcini adventive; *spc* — sporocarpii; *spt* — suport; *t* — tulpină; *trsf* — trofosporofilă (*A* : după Guttenberg; *B* : după I. Grinţescu; *C* : după Strasburger; *D* : după Wettstein).

relaţii de simbioză : furnicile folosesc adăposturile şi hrana de la plante, dar în acelaşi timp ele apără plantele împotriva insectelor parazite.

La cele de mai sus se adaugă piesele florale (sepale, petale, stamine, carpele), care după Goethe sînt tot frunze metamorfozate şi de care ne vom ocupa în detaliu la capitolul „Înmulţirea plantelor".

În sfîrşit, modificări cu totul particulare prezintă plantele carnivore, de care ne vom ocupa mai departe, tot în cadrul acestui capitol al metamorfozelor.

Ținînd seama de *modificările datorate factorului apă*, cormofitele se împart în două mari categorii.

În prima categorie sînt incluse *plantele de apă* sau *hidrofite*, din care fac parte plantele *submerse*, care trăiesc complet scufundate în apă, *natante*, la care frunzele sînt plutitoare și *amfibii*, care au o parte a corpului în apă și o parte în aer.

A doua categorie o constituie *plantele terestre* care sînt de trei feluri : *xerofite*, plante adaptate la un climat uscat, *higrofite*, plante adaptate la un mediu permanent umed și *tropofite*, plante adaptate la o climă periodic umedă sau uscată.

Plante hidrofile. Sub influența mediului, frunzele pot suferi o serie de modificări. Astfel, la plantele submerse, care trăiesc complet scufundate în apă, cum ar fi *Elodea canadensis*, frunzele sînt mult simplificate, fiind constituite numai din două straturi de celule, care reprezintă cele două epiderme (între acestea nu există mezofil) ; numai în partea mediană frunza este mai groasă, datorită prezenței unei nervuri. De asemenea, la *Ranunculus aquatilis* frunzele sînt filiform-divizate ; epiderma acestora este lipsită de stomate și peri. La plantele *natante*, cum ar fi *Lemna*, frunzele plutitoare sînt normal dezvoltate și cu stomate situate pe fața superioară. În general, la plantele acvatice, mezofilul frunzei nu prezintă o diferențiere în țesut palisadic și țesut lacunos. Toate organele plantelor acvatice prezintă țesuturi aerifere puternic dezvoltate, țesuturi conducătoare și mecanice reduse.

Plante terestre. La *higrofite*, plante ce trăiesc într-un mediu permanent umed, lamina frunzelor este subțire, bogată în aerenchim și doar cu peri vii. Stomatele sînt puține la număr și adesea ridicate pe niște socluri. Mezofilul este subțire, compus din puține straturi de celule.

La *xerofite*, adică plante care trăiesc în ținuturi complet secetoase, întîlnim de asemenea o serie de modificări care se referă mai mult la frunze. Astfel, întîlnim o serie de particularități anatomice care împiedică transpirația exagerată : dezvoltarea unei cuticule groase ; dezvoltarea unui strat de ceară, rășină sau calcar pe epidermă ; gelificarea pereților externi ai celulelor epidermice ; micșorarea deschiderii stomatelor sau închiderea lor cu dopuri de ceară ori rășină ; afundarea în epidermă a stomatelor ; dispoziția grupată a stomatelor în scobituri urceolate, care comunică cu mediul înconjurător prin canale foarte strîmte ; acoperirea stomatelor prin dezvoltarea exagerată a coastelor externe ale celulelor stomatice sau chiar ale celulelor epidermice învecinate ; mezofilul cu spații intercelulare foarte mici, iar pereții celulari îngroșați ; lipsa țesutului lacunos ; dezvoltarea puternică a țesutului sclerenchimatic ; prezența de peri morți ; dispoziția frunzelor în poziție verticală.

La alte plante xerofile, pentru acumularea unei cantități cît mai mari de apă, se dezvoltă țesuturi speciale, acvifere. Ele reprezintă parenchimuri acvifere, care pot fi externe, de origine epidermală, ca la frunzele de *Piperaceae* (ex. *Peperomia crassifolia*), *Ficus*, *Tradescantia* etc., sau interne, ca la frunzele de *Aloe*, *Mesembryanthemum*, *Gasteria* etc.

Tropofitele sînt plante adaptate la o climă periodic umedă, în ținuturile cu anotimpuri (vară-iarnă) sau în regiunile tropicale, unde alternează perioade de secetă și ploaie. În astfel de regiuni, unde este o periodicitate a climei, plantele prezintă perioade de vegetație și perioade de repaus.

Pentru a putea trece peste diferite intemperii, aceste plante vor prezenta o serie de caractere adaptative, între care mai întîi căderea frunzelor, caractere numite *higromorfoze*. În regiunile noastre cu climă temperată, astfel de plante sînt mai ales cele lemnoase, care prezintă frunze caduce ; la ele se dezvoltă muguri de iarnă, bine protejaţi de solzi, cum este cazul la *Fagus, Quercus, Ulmus* şi multe alte specii.

5.4.5. METAMORFOZE DETERMINATE DE FACTORUL NUTRIŢIE (Plantele carnivore)

Astfel de adaptări întîlnim la un foarte interesant grup biologic de plante, numite carnivore.

Plantele carnivore (numite, în cele mai multe cazuri, şi insectivore), ca toate plantele verzi, au însuşirea de a-şi sintetiza singure substanţele organice, dar care datorită condiţiilor în care trăiesc se mai hrănesc şi cu substanţe de natură animală, pe care le iau din corpul micilor animale ce sînt prinse de plante în mod activ sau pasiv.

Din cele peste 450 specii de plante carnivore cîte se cunosc în flora globului, în ţara noastră cresc doar vreo zece, aparţinînd genurilor *Drosera, Aldrovanda, Pinguicula* şi *Utricularia*.

Plantele carnivore îşi duc viaţa în medii acide : mlaştini de turbă sau *tinoave* (sfagnete), terenuri turboase şi ape turboase, fie stătătoare, fie lin curgătoare, care în general se caracterizează prin aceea că sînt puternic acide, iar substanţele hrănitoare minerale şi în special cele azotoase sînt în cantitate extrem de redusă.

În astfel de condiţii de viaţă, plantele carnivore prezintă modificări morfologice, adaptări determinate de mediu, care le permit să reţină sau să prindă animale foarte mici, ca insecte sau crustacei, din corpul cărora prin digerare îşi procură îndeosebi substanţele azotoase, necesare dezvoltării lor normale.

Pentru prinderea micilor animale, aceste plante prezintă anumite conformaţii şi structuri adecvate, limitate exclusiv la frunze, care reprezintă adevărate capcane de prins prada : pîlnii, urne, vîrşe, plăci sau vergele încleiate.

Frunzele plantelor carnivore manifestă în general o mare sensibilitate, exprimată în mişcări mai lente sau mai repezi, dependente de excitaţiile fizice sau chimice, în vederea reţinerii prăzii. Această sensibilitate depinde de un proces chimic, care are loc în celulele frunzelor, sub acţiunea produsă de corpul organismelor animale.

Conformaţiile adecvate şi în general modul cum sînt capturate diferitele animale mici, constituie un criteriu după care se pot distinge următoarele categorii de plante carnivore :

— plante care capturează cu ajutorul perilor glandulari lipicioşi şi mobili sau imobili (ex. *Drosera, Drosophyllum)* ;

— plante care capturează cu ajutorul unor capcane provenite din transformarea frunzelor (ex. *Aldrovanda, Dionaea* — capcana muştelor *Pinguicula)* ;

— plante care capturează cu ajutorul unor urne în care s-au transformat, parțial sau total, frunzele (ex. *Utricularia, Sarracenia, Cephalotus, Nepenthes).*

În cele ce urmează vom prezenta doar cîteva din plantele carnivore, unele existente și la noi în țară, altele numai în alte regiuni ale globului, cu adaptările respective pentru prins, reținut și digerat animalele capturate.

Speciile de *Sarracenia* (fig. 218) prezintă o rozetă de frunze bazale modificate în formă de cornete ; ele nu execută mișcări active pentru prinderea animalelor, ci reprezintă numai capcane. Frunza în formă de cornet se termină cu un lob lățit (limbul modificat), care ademenește insectele prin colorit și variatele desene ce le prezintă, precum și prin glandele secretoare de nectar, existente pe acesta. Acest lob imobil nu servește la închiderea cornetului, dar datorită prezenței a numeroși perișori rigizi, îndreptați spre interiorul cornetului, dirijează înaintarea prăzii în capcană. În jurul deschiderii cornetului, marginea este prevăzută cu un guleraș semicircular, neted, care înlesnește o alunecare mai rapidă a prăzii spre interiorul cornetului. Fața internă a cornetului este prevăzută cu o zonă acoperită de peri rigizi, lungi, îndreptați spre baza acestuia și care constituie totodată o piedică în încercările victimelor de a ieși din capcană. În fundul cornetului se află adunat lichid, în care organismele vii se înnecă. La aceste plante se pare că lipsesc enzimele proteolitice și substanțele care împiedică descompunerea prin putrezire ; drept urmare, gradul de adaptare la acest fel de nutriție este primitiv.

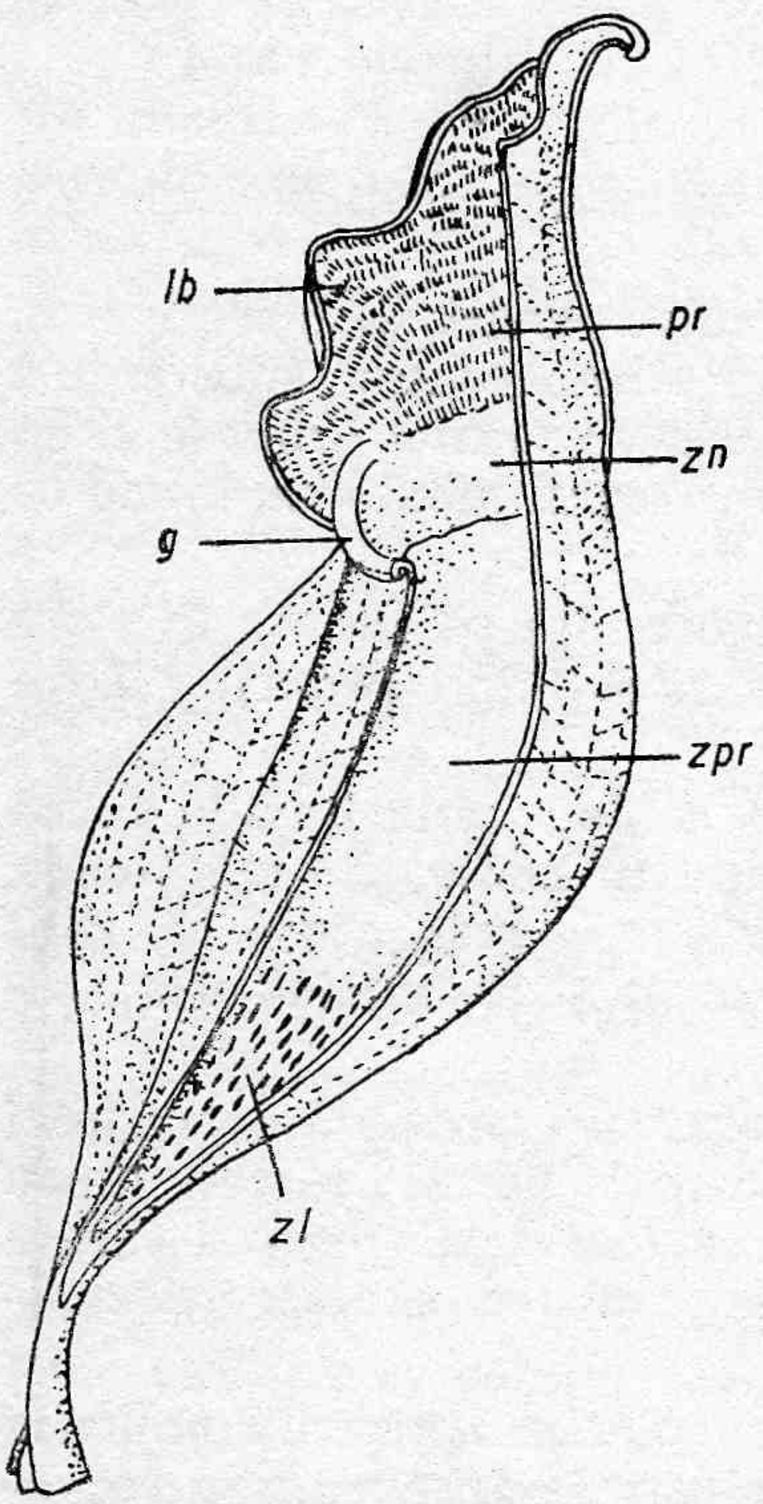


Fig. 218. Frunză metamorfozată de *Sarracenia* sp. :
g — guleraș; *lb* — lob; *pr* — perișori; *zl* — zonă cu lichid; *zn* — zonă netedă; *zpr* — zona perilor rigizi (după K e r n e r).

Speciile de *Nepenthes* cresc în locuri mlăștinoase, la marginea și în luminișurile pădurilor tropicale ale Asiei și Australiei. Aceste plante prezintă frunzele modificate în organe cu aspect de urne sau *cofițe multicolore* (fig. 219), care în locurile de baștină atîrnă printre ramurile arbuștilor și lianelor de care se fixează cu ajutorul pețiolurilor. Frunza de *Nepenthes* este modificată astfel încît baza ei servește la asimilația clorofiliană, fiind mult dezvoltată, foliacee ; urmează pețiolul, mult alungit, cu ajutorul căruia planta se înfășoară în jurul diferitelor suporturi întîlnite ; ultima parte a frunzei, lamina, este modificată într-un organ de forma unei cofițe sau urne, prevăzută cu un căpăcel. Ea prezintă spre interior, la deschidere, un guleraș, iar sub acesta numeroase glande ce secretă sucuri zaharate, care se alterează ușor, producînd un miros caracteristic cu rol în atragerea

organismelor animale. În restul cofiței, pînă la fund, întîlnim succesiv trei zone : o zonă netedă, acoperită cu un strat fin de ceară ; o a doua zonă acoperită cu mici solzișori ascuțiți la vîrf, orientați spre fundul cofiței și care sînt rezultați din modificările uneia din cele două celule stomatice, care acoperă frunza pe partea interioară a cofiței ; o zonă acoperită cu celule glandulare, care elimină sucul digestiv, ce se adună în cantitate mare pe fundul cofiței. Căpăcelul de la gura acestei curse, sub formă de urnă sau cofiță, rămîne nemișcat și are rolul unei umbrele care împiedică în mare măsură pătrunderea apei de ploaie sau a picăturilor de rouă în cofiță, ceea ce ar duce la diluarea sucului digestiv. Insectele, în special muștele, căutînd să ajungă la nectarul alterat, aplecîndu-se peste gulerul neted alunecă și cad în cofiță (în lichidul adunat pe fundul acesteia). Încercările micilor animale de a ieși din capcană sînt zădărnicite de cele două zone, din partea de mijloc și de sus a cofiței. După cîteva eforturi pentru a scăpa se înnecă și apoi sînt digerate.

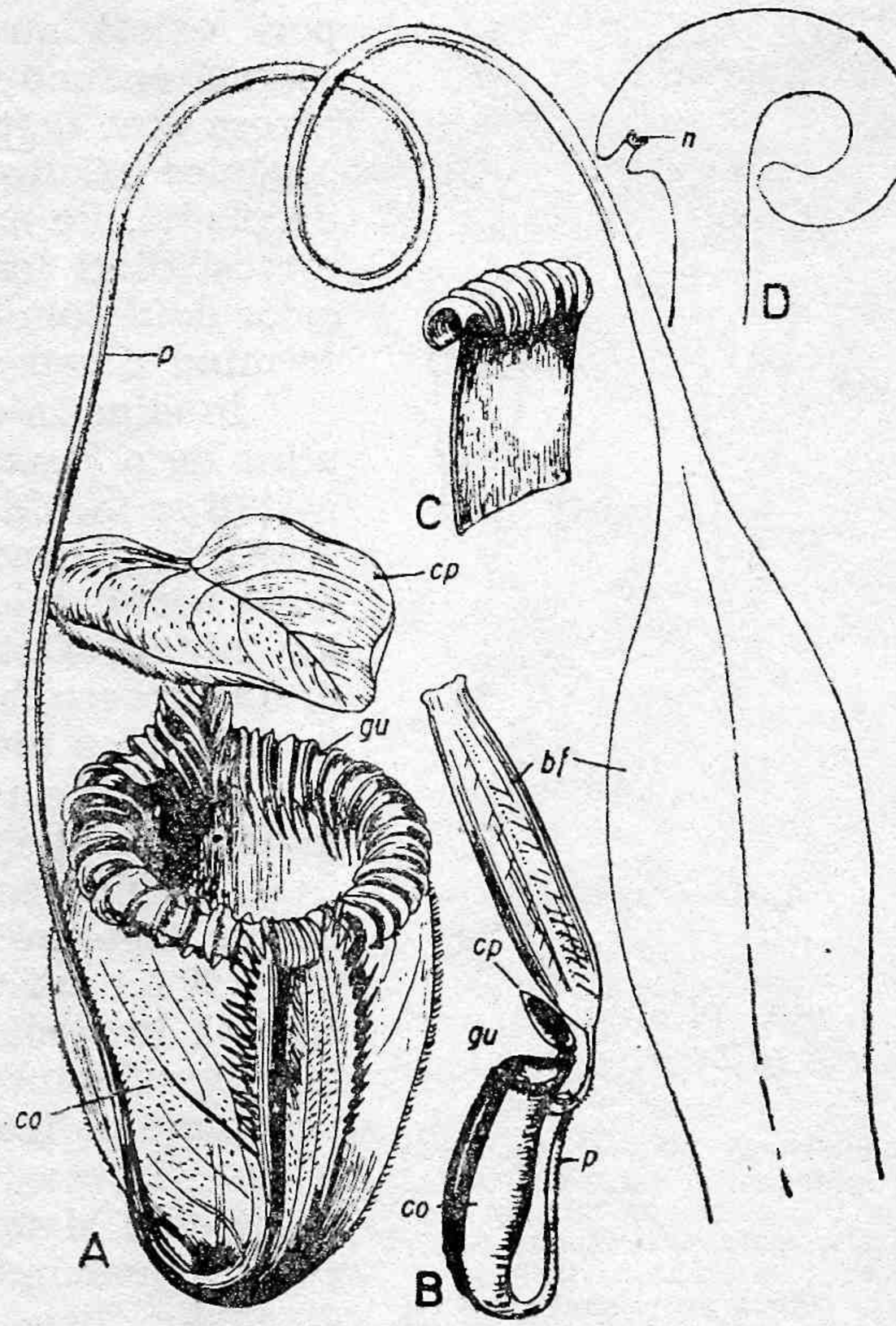


Fig. 219. Frunze metamorfozate la *Nepenthes villosa* (*A*) și *N. destillatoria* (*B*) ; *C* — porțiune din guleraș și parte din peretele cofiței; *D* — porțiune din guleraș, în secțiune longitudinală : *bf* — baza frunzei; *co* — cofiță; *cp* — căpăcel; *gu* — guleraș; *n* — glandă nectariferă; *p* — pețiol (după K e r n e r).

În ceea ce privește lungimea cofițelor, aceasta variază de la 6 la 50 cm (ex. *Nepenthes rajah*), iar diametrul ajunge aici pînă la 16 cm. Drept urmare și mărimea victimelor acestor plante este foarte variată. În cofițele lor putem întîlni chiar unele vertebrate mai mici, ca de exemplu reptile și păsări, pe lîngă larve de crustacei, miriapozi etc.

Dionaea muscipula are o largă răspîndire prin mlaștinile turboase ale Carolinei de nord. Planta este alcătuită dintr-o rozetă de frunze bazale, ale căror lamine sînt modificate astfel încît se prezintă ca fiind alcătuite din doi lobi, ce stau întredeschiși (fig. 220). Frunzele sînt alipite de substratul alcătuit din mușchi de turbă și saturat în apă de ploaie. Pețiolul și baza laminei sînt modificate în vederea asimilației clorofiliene și drept urmare au aspect foliaceu. Fiecare jumătate sau lob al laminei prezintă cîte trei perișori, situați pe partea internă sau superioară, datorită cărora planta are capacitatea de a reacționa rapid la o excitație externă. Pe lîngă acești

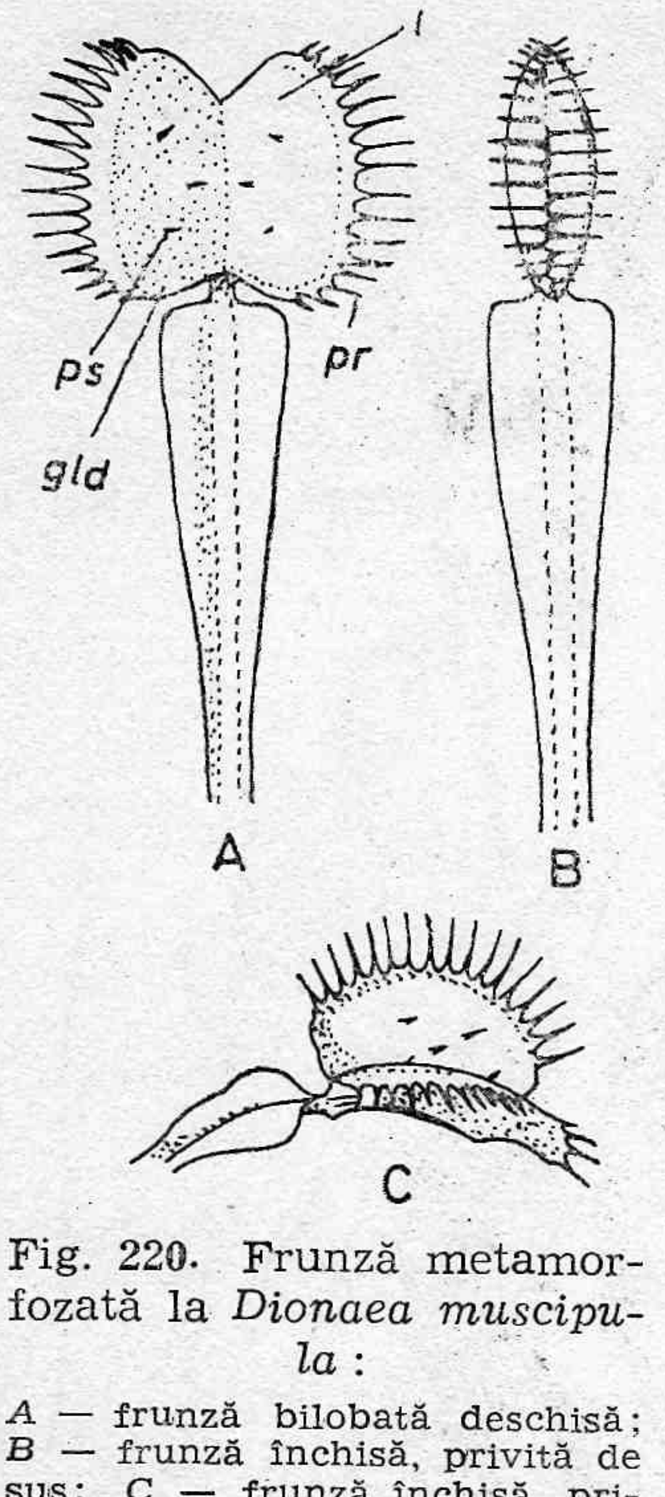


Fig. 220. Frunză metamorfozată la *Dionaea muscipula* :

A — frunză bilobată deschisă; *B* — frunză închisă, privită de sus; *C* — frunză închisă, privită lateral; *gld* — glande digestive; *l* — lob al laminei: *pr* — peri rigizi; *ps* — peri senzitivi (după Strasburger).

peri există numeroase glande digestive care secretă enzime proteolitice și acizi, cu ajutorul cărora sînt digerate animalele, iar substanțele organice rezultate din digerare sînt absorbite de plantă. Pe marginea fiecărui lob există numeroși dinți lungi, rigizi, care la apropierea celor două jumătăți ale laminei se întrepătrund, formînd o capcană bine închisă.

În clipa în care unul din perii senzitivi este atins de o insectă, aproape brusc cele două jumătăți se închid și în felul acesta insecta nu mai scapă, fiind consumată în parte de către plantă ; după aceea, cele două jumătăți revin la poziția lor inițială. Durata cît stă închisă capcana și drept urmare durata de digerare a insectei este în raport cu mărimea organismului animal.

În cazul în care pe o astfel de frunză se pune o bucățică de carne sau de albuș de ou fiert, închiderea durează foarte scurt timp, deoarece digerarea acestora se petrece repede, întrucît nu există corpuri sau elemente străine, care să împiedice acest proces chimic. Nu același lucru se întîmplă dacă în locul celor arătate s-ar pune pe frunză o așchie de lemn sau o pietricică ; în acest caz lobii se închid, dar imediat se deschid și pun în libertate acele corpuri străine, neavînd loc nici un fel de secreție a glandelor digestive. Ca o adaptare legată de nutriție este și lipsa stomatelor pe partea superioară a laminei propriu-zise, ce servește drept cursă pentru prinderea insectelor ; în schimb, numărul stomatelor este mare pe pețiol, considerat ca fiind puternic asimilator ; pe fața superioară a laminei stomatele se găsesc doar în partea marginală a acesteia.

Aldrovanda vesiculosa (fig. 221) este o plantă carnivoră acvatică, submersă, cu rădăcini reduse. Frunzele, în număr de 6—17, sînt dispuse în verticil. O frunză are următorul aspect : baza este lățită și alungit-triunghiulară, prevăzută la partea superioară cu prelungiri sub formă de peri rigizi ; lamina propriu-zisă este îngroșată în partea centrală, constituind adevărata capcană ; cele două jumătăți ale laminei stau sub un unghi de 90° una față de alta. Pe partea internă a laminei, începînd de la margine spre nervura mediană, se deosebesc mai multe zone, ținînd seama de structura lor : la margine se află 60 pînă la 80 de ghimpi mici, unicelulari, după care urmează o zonă acoperită de glande stelate ; spre nervura principală este o mică porțiune lipsită de orice fel de formațiuni glandulare ; în dreptul nervurii mediane, de o parte și de alta a acesteia și chiar pe ea, lamina este acoperită cu numeroase glande digestive, printre care se află peri drepți, relativ lungi, sensitivi. Prin atingerea perilor sensitivi de către un organism viu, cele două jumătăți ale laminei se închid brusc, astfel încît animalul este prins și nu mai poate scăpa. Această capcană funcționează asemănător cu cea de la *Dionaea muscipula*. Glandele digestive secretă

fermenți digestivi, digeră prada, absorb și înglobează materiile necesare dezvoltării plantei. Închiderea celor două jumătăți ale laminei are loc cu atît mai rapid, cu cît excitația a fost mai puternică, prin atingerea unui număr mai mare de peri senzitivi.

Drosera rotundifolia trăiește prin mlaștinile turboase de *Sphagnum*, printre tulpinițele acestuia. În flora țării noastre *Drosera* este o plantă ierbacee de dimensiuni mici, prezentînd o rozetă bazală de frunze, fiecare din acestea fiind acoperită de un număr mare de perișori tentaculari de culoare roșie (fig. 222), care au în vîrf o picătură lipicioasă, cu ajutorul căreia planta ademenește și prinde insecte. Printre perișorii amintiți, pe toată suprafața limbiului se mai află o serie de peri mici glandulari, sesili, de origine epidermală, care au rolul de a absorbi substanțele secretate de perii tentaculari, substanțe ce se preling pe suprafața laminei. Rolul acestor perișori este deci de a menține suprafața frunzei curată, înlesnind astfel procesul de respirație.

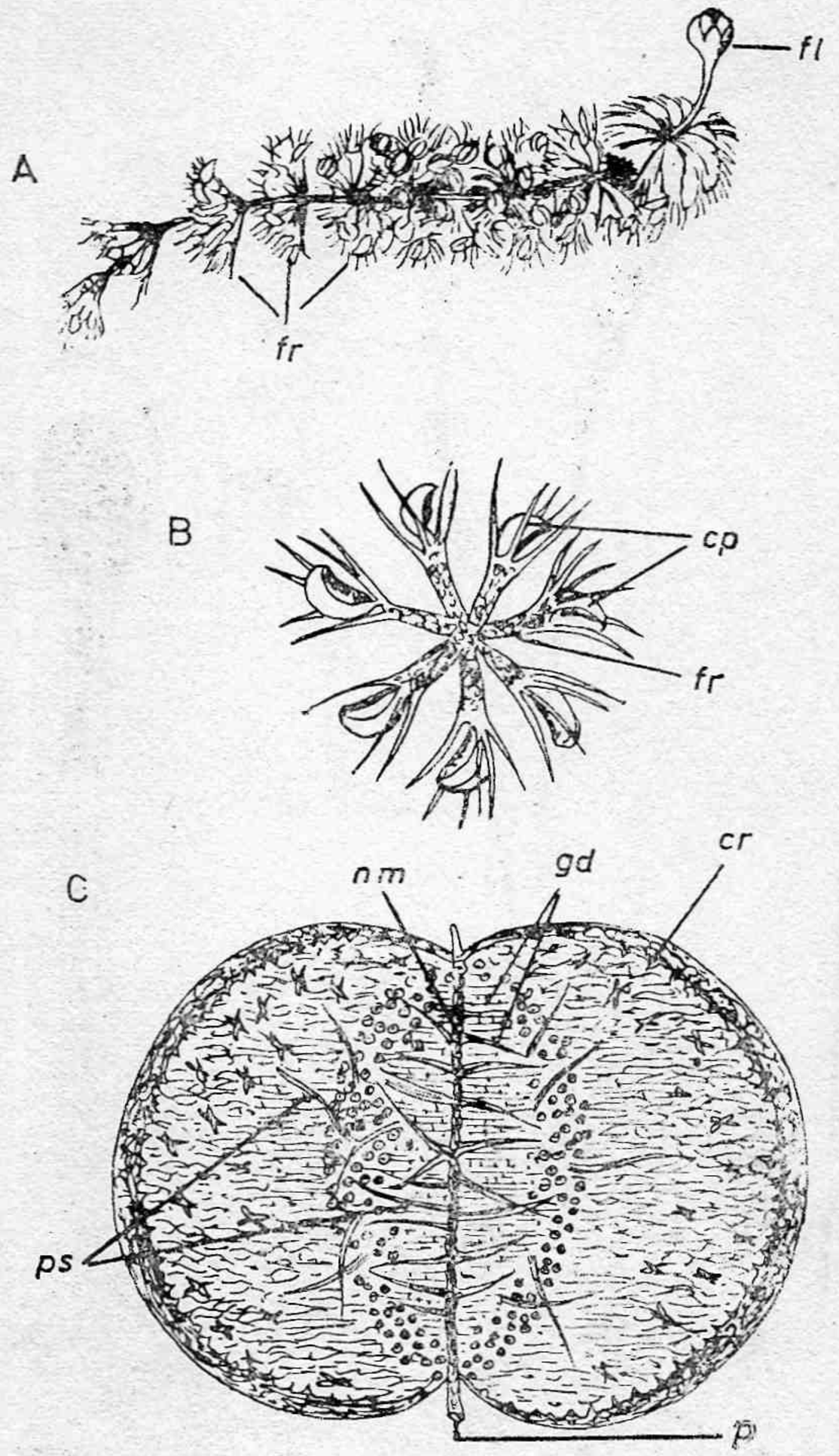


Fig. 221. Frunză metamorfozată la *Aldrovanda vesiculosa* :

A — habitusul plantei; *B* — un verticil de frunze; *C* — lamină modificată în capcană (mult mărită); *cp* — capcană; *cr* — creastă dințată; *fl* — floare; *fr* — frunză; *gd* — glandă digestivă; *nm* — nervură mediană; *p* — pețiol; *ps* — peri senzitivi (*A* : după Flora R.P.R.; *B, C* : după Darwin).

Secretarea substanțelor digestive, digerarea substanțelor organice animale, precum și înglobarea substanțelor digerate au loc datorită perilor tentaculari, denumiți și *tentacule glanduligere*. O insectă oarecare, ajunsă pe o astfel de frunză nu mai scapă ; aici, în prezența sucului lipicios, elaborat de celulele perișorilor tentaculari, orice luptă a ei este zadarnică, întrucît ea zbătîndu-se se împotmolește tot mai mult. Observînd astfel de momente, se constată că frunza prezintă anumite mișcări, prin îndreptarea tentaculelor de la marginea frunzei, care acoperă insecta, imobilizînd-o. Uneori chiar marginea frunzei se îndoaie puțin, astfel încît sigur că insecta nu va putea scăpa. Lichidul secretat de perișorii tentaculari ai laminei, conținînd sucuri digestive, digeră substanțele albuminoide animale, iar

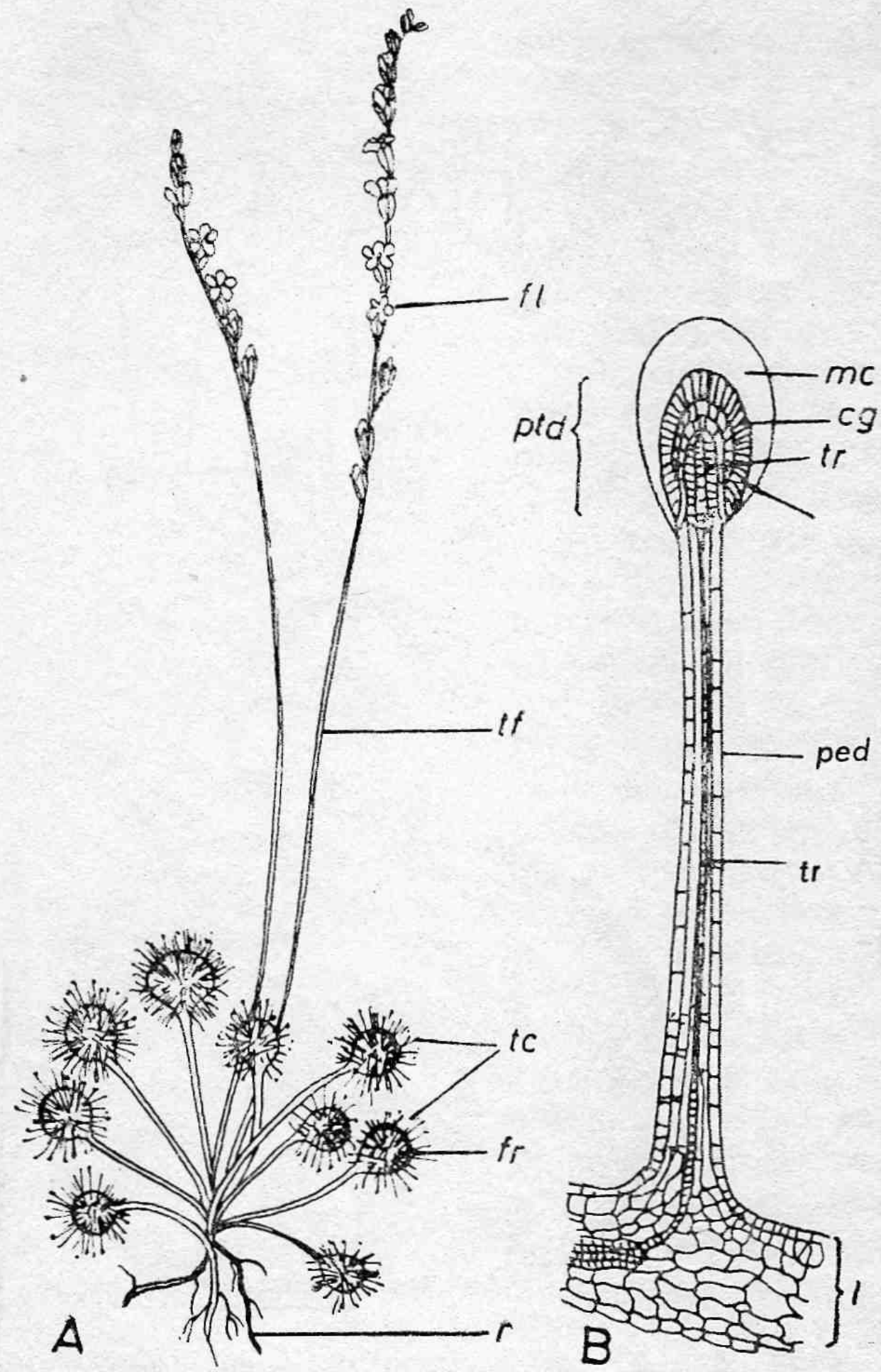


Fig. 222. Frunze metamorfozate la *Drosera rotundifolia* :

A — habitusul plantei; *B* — tentacul glanduliger mult mărit; *cg* — celule glandulare; *fl* — floare; *fr* — frunză; *l* — lamina frunzei; *mc* — mucilagiu; *ped* — pedicel; *ptd* — partea distală (terminală) măciucată; *r* — rădăcină; *tc* — tentacule; *tf* — tulpină floriferă; *tr* — traheide (*A* : după Flora R.P.R.,; *B* : după Strasburger).

scheletul chitinos cade în momentul în care frunza revine la forma ei inițială.

Mișcările ce au loc la astfel de frunze se datoresc numai excitațiilor chimice produse de organismul viu animal ; dacă se așează pe frunze bucățele mici de sticlă, fire de nisip sau alte corpuri asemănătoare, frunza rămîne insensibilă, nefiind urmată de mișcările arătate.

Cephalotus follicularis (fig. 223) se află răspîndit în mlaștinile turboase ale Australiei de sud-vest și prezintă o organizație specială, fapt pentru care această plantă a fost foarte greu de clasificat din punct de vedere sistematic. Planta prezintă două feluri de frunze : unele de formă obișnuită, altele modificate ; acestea din urmă prezintă pețiolul păros, iar limbul transformat într-o cofiță de formă alungit-ovală. Fiecare cofiță prezintă o deschidere, care la frunzele tinere este acoperită de un capac (opercul) ce depășește ca mărime deschiderea. Pe măsură ce planta, deci și frunzele, se dezvoltă, capacul se ridică, lăsînd deschisă cofița. Deschiderea este mărginită de un inel prevăzut spre exterior cu numeroase coaste glabre, ce se termină cu cîrlige îndoite spre interior. La exterior cofița prezintă coaste aripate, prevăzute cu numeroși peri rigizi.

Fiecare cofiță prezintă pe partea internă trei zone diferite din punct de vedere morfologic și anume : suprafața internă a inelului este prevăzută cu numeroși peri neglandulari, ascuțiți și orientați spre fundul cofiței ; deschiderea propriu-zisă prezintă un număr mare de solzi glandulari ; restul cofiței este prevăzut cu un țesut alcătuit din formațiuni cu aspect de stomate și glande foarte mari ; în interiorul cofiței se află secretat un lichid apos, în care se observă mici insecte înnecate.

Datorită prezenței unui ferment conținut în lichidul apos și în prezența acizilor rezultați, probabil, din putrezirea organismelor vii, căzute pradă în cofiță, are loc descompunerea proteinelor. Prezența animalelor din interiorul urnei determină accelerarea secreției și astfel este mărită și alimentarea plantei cu azot.

Pinguicula vulgaris (foaie grasă) este o plantă prezentă și la noi, fiind vivace, cu o tulpină scurtă, ce are la bază o rozetă de frunze întregi (fig. 223, B).

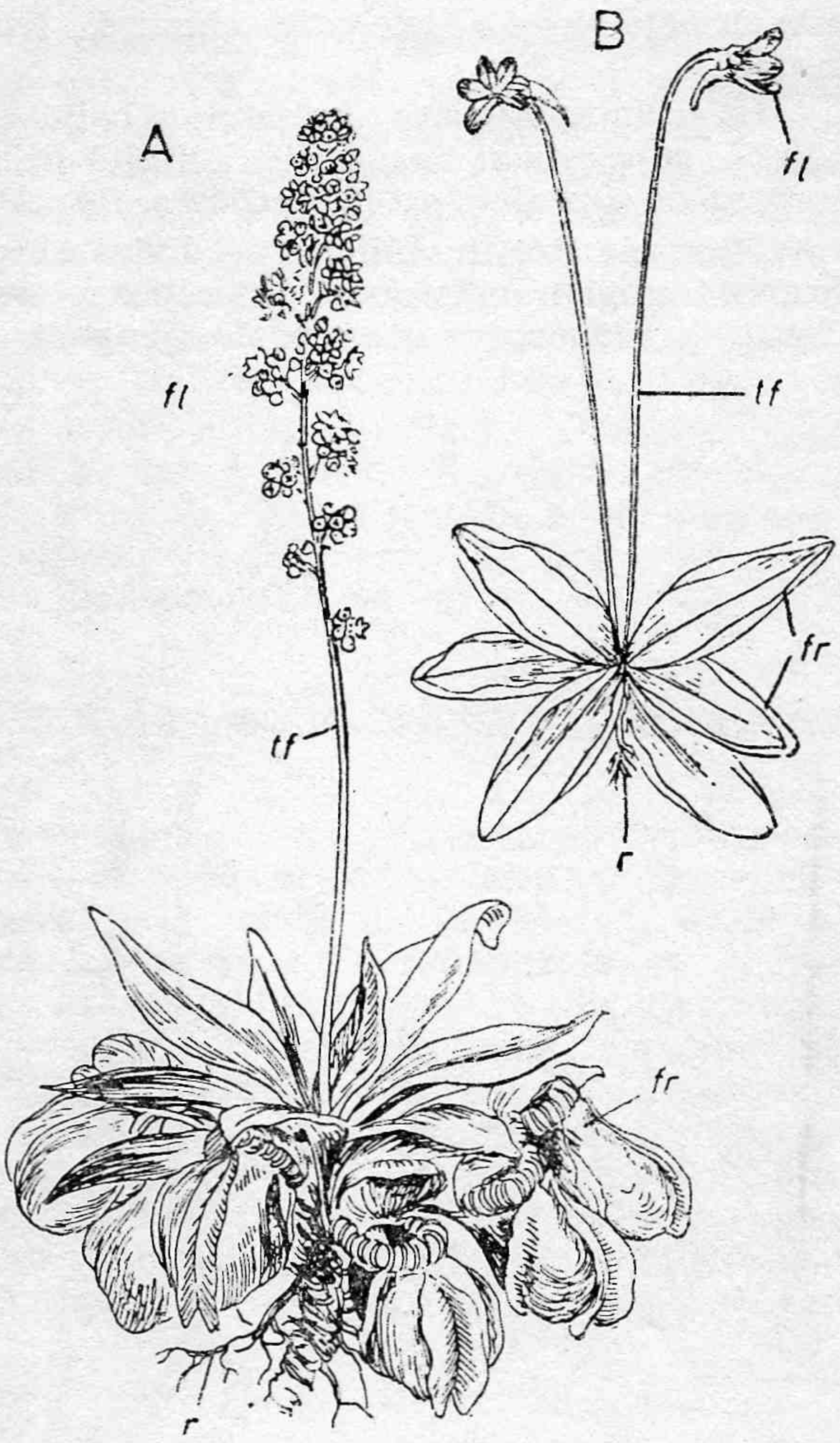


Fig. 223. Frunze metamorfozate la *Cephalotus follicularis* (*A*) și *Pinguicula vulgaris* (*B*) :
fl — floare; *fr* — frunză; *r* — rădăcină; *tf* — tulpină floriferă (*A* : după Flora R.P.R.; *B* : după K e r n e r).

Această plantă are frunze cu marginea răsfrîntă spre partea superioară. Pe frunză se găsesc numeroși perișori, dintre care unii sînt pedicelați și în număr mai mic, alții sesili și în număr mai mare. Perișorii pedicelați sînt glandulari, de origine epidermală, eliminînd un suc lipicios cu ajutorul căruia sînt reținute insectele. Perișorii sesili sînt de asemenea glandulari, cu celule care secretă sucul digestiv, precum și cu celule de absorbție, care elimină totodată acizi organici și un ferment proteolitic. Cu acest suc sînt digerate corpurile bogate în substanțe azotoase. Caracteristica frunzelor respective este prezența unui sistem vascular bogat, care pornește de la baza perilor digestivi și se ramifică pînă la marginea frunzelor, de asemenea puternic vascularizate. Acest sistem vascular are rol deosebit de important în transportul substanțelor digestive absorbite. O insectă ademenită de sucul lipicos produs de perii glandulari pedicelați este pe loc reținută, deoarece prin excitația produsă secreția sucului lipicios este mult sporită, iar părțile marginale ale frunzei se îndoaie și răsfrîngîndu-se acoperă insecta.

De remarcat este faptul că la această plantă, o răsucire a marginilor frunzei are loc și în prezența unei excitații mecanice ; dacă însă aceasta nu

este urmată și de o excitație chimică, frunza își revine la forma ei inițială.

Utricularia vulgaris (otrățelul de baltă) este o plantă ierbacee acvatică perenă, ce crește și la noi, fiind lipsită de rădăcini, submersă, plutind aproape de suprafața apelor turboase, fie stătătoare, fie lin curgătoare.

Frunzele sînt fin filiform — divizate, cu unele segmente sau chiar frunze întregi transformate în capcane veziculiforme, ca niște vîrșe (fig. 224) ; numărul acestora poate ajunge la cîteva sute la o singură plantă.

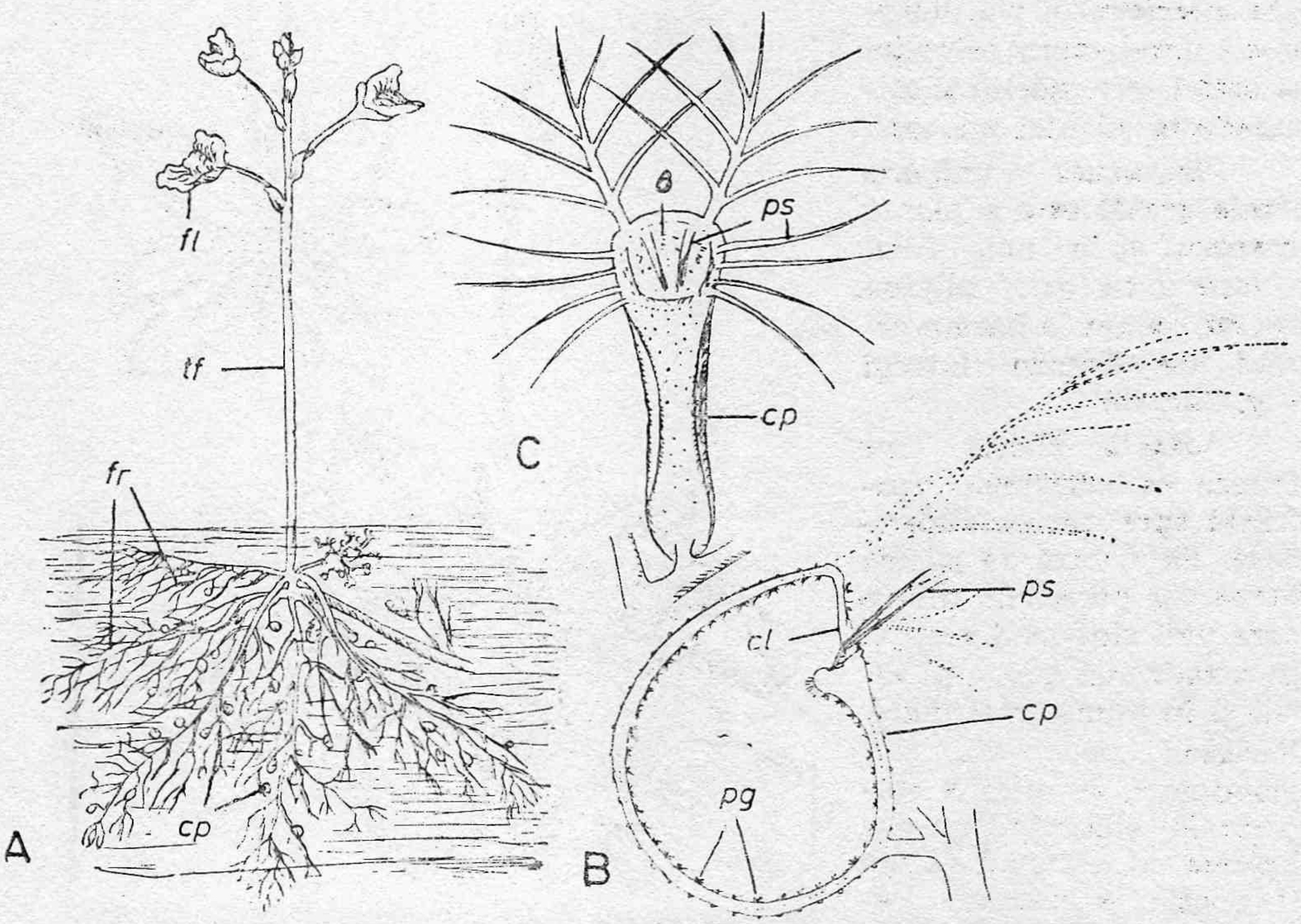


Fig. 224. Frunze metamorfozate la *Utricularia vulgaris* :

A — habitusul plantei; *B* — capcană (mărită) în secțiune longitudinală; *C* — capcană văzută de sus; *cl* — clapă; *cp* — capcană; *fl* — floare; *fr* — frunză; *o* — orificiu; *pg* — peri glandulari; *ps* — peri senzitivi; *tf* — tulpină floriferă (*A* : după I. Grințescu; *B*, *C* : după Strasburger).

Spre toamnă planta dezvoltă muguri de iarnă denumiți *hibernacule*, cu ajutorul cărora rezistă pe fundul apelor împotriva intemperiilor iernii. Aceste hibernacule iernează, în primăvara următoare se ridică la suprafața apei și se dezvoltă treptat, formînd o nouă plantă. Modificarea părților foliare, ca adaptare la condițiile speciale de viață, duce la formarea de capcane veziculiforme. Aceste formațiuni, alcătuite din mai multe straturi de celule, au fie o formă semiglobuloasă, fie semiovoidă, cu o parte ventrală în mod obișnuit plană și alta dorsală mult bombată. Fiecare capcană are un peduncul, iar opus acestuia se află o deschizătură în jurul căreia, la exterior, se află un număr de peri lungi, unii din ei ramificați, cu aspect

de antene. Deschizătura este închisă dinspre interior de o prelungire a peretelui capcanei, care funcţionează ca o supapă, astfel încît la cea mai mică atingere a perilor de la gura capcanei, de către micile animale din apă (crustacei, diferite larve, infuzorii, purici de apă), excitaţia este transmisă la supapă, care cedează şi animalul este absorbit de vidul din interiorul capcanei şi astfel pătrunde în aceasta. Fiecare capcană este prevăzută în interior cu numeroşi peri glandulari, fie simpli, fie capitaţi sau stelaţi, cu două şi patru braţe, care secretă fermenţi proteolitici şi absorb substanţele organice albuminoide solubilizate în procesul de digerare.

Victimele acestei plante carnivore ajung aici fie în căutarea unui adăpost, din cauza urmăritorilor, fie datorită presiunii negative a apei din veziculă, care aspiră — întocmai cum s-a menţionat mai sus — ca un aparat aspirator apa cu toate organismele vii din aceasta. În mod obişnuit, în decurs de una pînă la şase zile animalele sînt digerate.

5.5. METAMORFOZELE CORMULUI LA CORMOFITELE HETEROTROFE

Prin cormofite heterotrofe se înţeleg acele plante care nu-şi sintetizează singure materiile hrănitoare, nu le elaborează pe calea asimilaţiei clorofiliene. Aceste plante în general nu prezintă nici un fel de plastide şi mai ales sînt lipsite de clorofilă. Dintre plantele heterotrofe se cunosc unele care, deşi au clorofilă şi sînt capabile să-şi procure singure materia hrănitoare necesară, totuşi folosesc în mare măsură hrana plantelor pe care trăiesc. Alte plante heterotrofe îşi iau hrana organică gata elaborată din alte organisme vii, cum este cazul îndeosebi al multor bacterii ; aceste plante se numesc parazite. Printre plantele heterotrofe există şi multe specii de plante care se hrănesc cu materii organice în descompunere ; aceste plante sînt cunoscute sub denumirea de saprofite, cum este cazul multor ciuperci. Deci plantele heterotrofe duc o viaţă parazitară sau saprofitică.

5.5.1. PLANTE PARAZITE

În cazul unei vieţi parazitare plantele heterotrofe îşi procură substanţele organice din organismele vii, care reprezintă aşa-numitele gazde. Ţinînd seama de stadiile de dezvoltare ale plantelor parazite, acestea se împart în două mari categorii şi anume : *plante parazite autoxene* sau *autoecice*, la care toate stadiile de dezvoltare au loc pe aceeaşi plantă gazdă şi plante *parazite metaxene* sau *heteroecice*, la care stadiile de dezvoltare se petrec pe diferite plante gazdă.

Ţinînd seama de modul lor de hrănire, plantele parazite se pot de asemenea clasifica în două mari grupe şi anume : *holoparazite*, la care hrănirea se face în totalitate cu ajutorul substanţelor luate din planta gazdă şi duc o viaţă numai parazitară şi *semiparazite* sau *micsatrofe*, care îşi iau substanţele hrănitoare din planta gazdă prin intermediul unor formaţiuni absorbante numite haustori, dar care prezintă şi conformaţii pentru asimilaţie clorofiliană.

Un exemplu de plantă semiparazită este *Viscum album*, care prezintă o formă de parazitism epifitic, deoarece parazitează pe ramurile de la *Malus, Pyrus, Quercus, Salix, Abies alba* etc., de unde își extrage apa cu sărurile minerale dizolvate în ea. În general, plantele ce apar în urma germinării semințelor sînt lipsite de rădăcină, ele prezentînd hipocotil și două cotiledoane verzi ; la baza hipocotilului se dezvoltă, endogen, o formațiune pluricelulară cu aspect de pivot, care pătrunde în scoarța plantei gazdă pînă la țesutul conducător lemnos din cilindrul central, de unde își scoate apa cu sărurile minerale dizolvate în ea. Formațiunea respectivă este un *haustor*, care crește datorită unui meristem intercalar și care pătrunde în cilindrul central al plantei gazdă, se ramifică la nivelul liberului secundar și al zonei cambiale. Primele ramificații care s-au diferențiat, deci acelea de prim ordin, de obicei se întind în direcție tangențială în liberul secundar. Acestea continuă să se ramifice, formîndu-se haustorii propriu-ziși, absorbanți, care pătrund în sens radiar în lemnul secundar. Tot de la baza hipocotilului se diferențiază ramuri pe care se formează frunze de culoare verde-gălbuie, coriacee și sempervirente, cu caractere xeromorfice.

Ținînd seama de alcătuirea anatomo-morfologică, legată de felul de hrănire, plantele parazite se pot clasifica în două categorii și anume : *endoparazite*, adică incluse în întregime în țesuturile plantei gazdă și *ectoparazite*, adică prinse de planta gazdă și pentru a se hrăni emit haustori, deci organe sugătoare. Cu ajutorul acestor haustori planta parazită își extrage substanțele hrănitoare din planta parazitată.

Unele plante ectoparazite (ex. *Thesium, Rhinanthus, Melampyrum*) se fixează și parazitează pe părțile subterane ale plantelor gazdă.

Plantele *parazite*, indiferent din ce grup ar face parte, prezintă o serie de caractere specifice : ele nu au absolut nevoie de lumină pentru a trăi, ca atare nu prezintă cloroplaste ; neexistînd cloroplaste este firesc ca organele asimilatoare (frunzele) să fie foarte mult reduse (scvame, solzi) sau chiar să lipsească ; tulpina este redusă și necolorată în verde ; datorită frunzelor reduse sau lipsă, transpirația este de asemenea redusă ; rădăcinile sînt reduse sau lipsesc ; țesutul conducător este slab dezvoltat.

Așadar, aceste plante nu au un corm bine dezvoltat ; ele prezintă haustori care pătrund pînă la țesutul conducător al plantelor autotrofe, din care își iau hrana gata preparată.

Ca exemple citățm cîteva plante din familia *Rafflesiaceae*. Organele vegetative ale acestor plante sînt reduse la coroane filamentoase complet înfundate în țesuturile plantelor gazdă, iar la suprafață rămîn doar organele de reproducere, respectiv florile. Speciile de *Pilostyles* parazitează pe diferite leguminoase. *Rafflesia arnoldii*, din insula Sumatra, parazitează pe rădăcinile de *Cissus* dintre *Vitaceae*. Florile acestei plante parazite sînt puternic dezvoltate, atingînd un diametru de circa 1 m.

Se cunosc plante parazite și în regiunile noastre, cu climat temperat. Astfel este *Cuscuta europaea*, la care inițial plantulele prezintă cotiledoane asimilatoare, dar apoi acestea pierd facultatea de a asimila, se usucă și cad. Rădăcina de asemenea se usucă, rămînînd numai tulpina groasă de circa 3 mm, de culoare galben roșiatică sau brun gălbuie, care crește mult în lungime, execută o serie de mișcări de nutație pînă se prinde de un suport, care este planta vie, autotrofă, parazitată. După ce s-a prins de planta gazdă, cuscuta emite haustori, cu ajutorul cărora își extrage substanțele

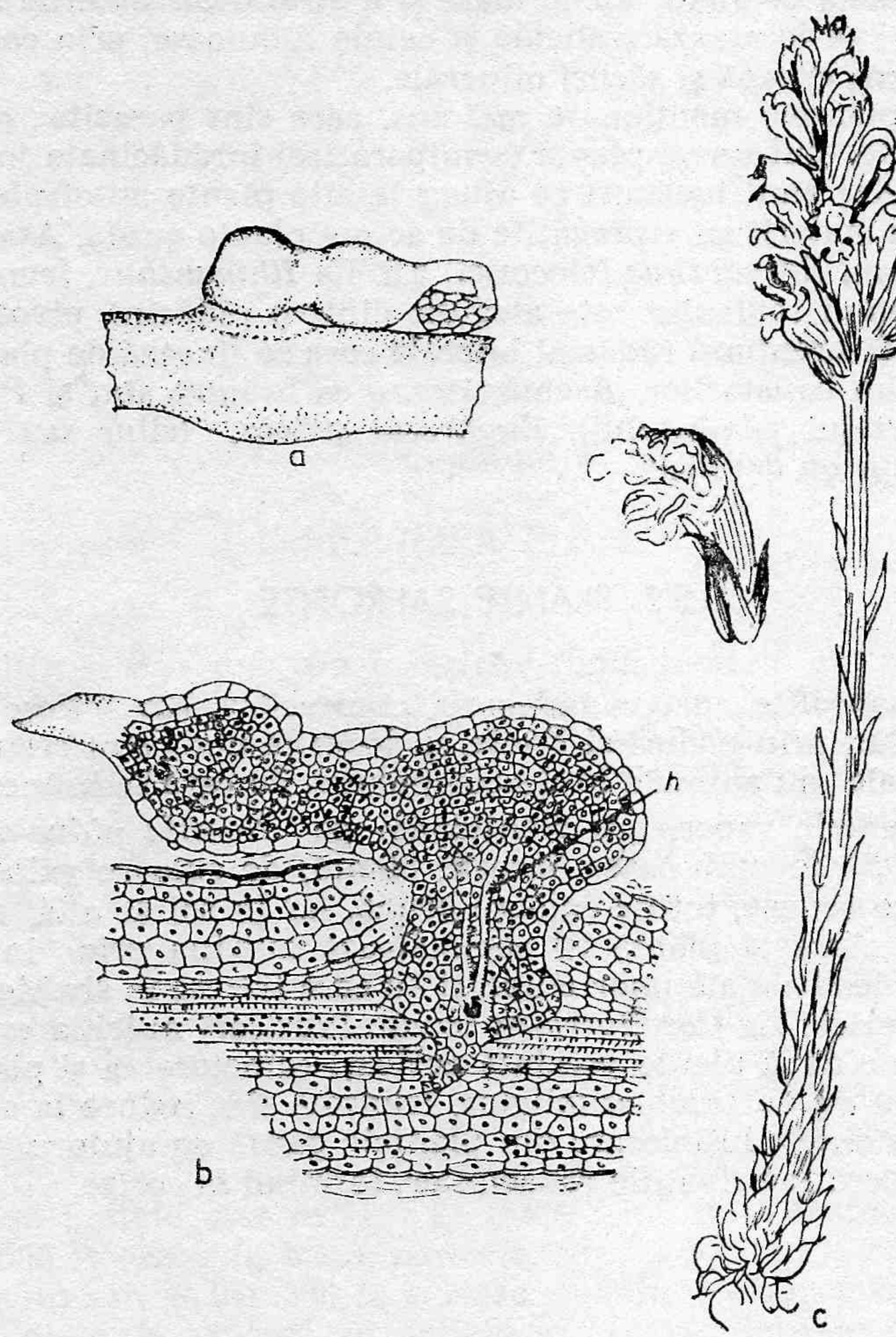


Fig. 225. Alcătuirea tuberculului și a haustorului la *Orobanche specioasa* (*a*, *b*) și *O. minor* (*c*) :

a — formarea tuberculului; *b* — tubercul secționat; *h* — haustori (*a*, *b* : după Guttenberg; *c* : după Strasburger).

hrănitoare din planta gazdă. Haustorii au origine endogenă, adică se diferențiază din țesuturile profunde și anume din primul strat al cilindrului central (periciclu). Cuscuta parazitează pe tulpina de *Trifolium, Medicago, Vicia faba, Stachys, Salvia, Petunia* (petunie), *Urtica, Cannabis, Humulus lupulus, Sambucus ebulus* (boz), *Linum, Thymus, Solanum tuberosum* ș.a.

O altă plantă parazită este *Orobanche ramosa* (fig. 225) care-și introduce haustorii în rădăcinile de *Nicotiana tabacum* (tutun), *Cannabis sativa, Helianthus annuus.* Tulpina are culoare galben brunie sau roșiatic albastră, prezentînd frunze reduse (scvame de culoare brună sau gălbuie).

Din germinarea seminței rezultă un filament scurt, cu un capăt radicular. Acesta pătrunde în rădăcinile plantelor gazdă și apoi diferențiază

haustori, pe seama celulelor epidermale și a straturilor externe ale scoarței ; în haustori se formează traheide și celule tubuloase, prin care se face și aprovizionarea cu apă și săruri minerale.

Pe lîngă plantele menționate mai sus, care sînt parazite obligatorii sau holoparazite, sînt unele plante (semiparazite) înrădăcinate în sol, dar ale căror rădăcini emit haustori ce ajung la alte plante autotrofe, hrănindu-se astfel cu materii gata pregătite de aceste plante gazdă. Așa sînt speciile de *Thesium, Rhinanthus* (clocotici) ș.a. La *Rhinanthus,* frunzele sînt verzi, iar sistemul radicular este alcătuit dintr-o rădăcină pivotantă slab dezvoltată, ce diferențiază rădăcini laterale care se fixează de planta gazdă prin intermediul haustorilor. Asemănătoare ca hrănire sînt și *Pedicularis verticilata* (vîrtejul pămîntului), *Euphrasia stricta,* (silur sau dragostea fetei), *Melampyrum arvense.*

5.5.2. PLANTE SAPROFITE

Plantele saprofite aparțin îndeosebi ciupercilor. Ele trăiesc în soluri bogate în humus, prin păduri și fînețe, în locurile unde sînt resturi de organisme vegetale sau animale în descompunere, cu care se hrănesc.

Dintre plantele superioare menționăm pe *Neottia nidus-avis* care crește prin pădurile umbroase. Această plantă, de culoare galben brună, prezintă frunze reduse, tot de culoare brună, iar în sol se află rădăcinile dispuse ghem. Această plantă își completează nutriția prin intermediul filamentelor miceliene ale unor ciuperci cu care trăiesc în simbioză și care constituie micorize. La *Corallorrhiza innata* (buzișor) nutriția este tot saprofitică. Aceste două plante prezintă aceleași caractere ca și plantele parazite, adică nu au un țesut asimilator, frunzele sînt reduse la scvame și își extrag substanțele hrănitoare din plantele gazdă cu ajutorul unor ciuperci care acoperă terminațiile rădăcinilor, formînd micorize.

Capitolul 6

ÎNMULȚIREA PLANTELOR

Înmulțirea este una din însușirile fundamentale ale materiei vii și constă în proprietatea pe care o au organismele vegetale, ca și cele animale, de a da urmași asemănători cu ele, prin aceasta asigurîndu-se perpetuarea speciilor și permanența vieții pe planeta noastră.

Cunoașterea fenomenului de înmulțire are o importanță deosebită atît *din punct de vedere teoretic*, deoarece în mare măsură gruparea diferitelor organisme în unități sistematice, precum și stabilirea legăturilor filogenetice ale acestor unități se face pe baza înmulțirii, cît și *din punct de vedere practic*, deoarece cunoscîndu-se modul de înmulțire pot fi combătute speciile dăunătoare și multiplicate cele folositoare.

Tendința de înmulțire este, după D a r w i n , nelimitată la toate plantele. Astfel, s-a calculat că un singur corp de „fructificare“ al ciupercii *Calvatia gigantea* produce peste 7 bilioane spori, care pot produce tot atîtea noi micelii. La multe specii de *Spermatophyta*, numărul semințelor produse de un individ este extrem de mare : 100 la *Taraxacum officinale*, circa 38 000 la *Capsella bursa pastoris*, circa 1 000 000 la speciile de *Artemisia* (pelin) sau 28 000 000 la cele de *Populus* ; chiar și numai exemplul păpădiei ne arată că dacă un individ ar fi lăsat timp de 10 ani să se înmulțească liber și dacă toți urmașii ar trăi și s-ar înmulți nestingheriți, s-ar ajunge ca numărul indivizilor rezultați să acopere o suprafață de 15 ori mai mare decît tot uscatul planetei noastre.

Așadar, organismele vegetale au proprietatea de a se înmulți la infinit, dar în natură nu există niciodată toate condițiile necesare pentru aceasta.

Termenii de înmulțire și de reproducere sînt adesea utilizați ca fiind sinonimi, deși nu toți autorii sînt de aceeași părere. *Reproducerea* se efectuează, în principiu, cînd un organism produce, înainte de moartea sa, un organism viu, asigurînd astfel continuitatea speciei. *Înmulțirea* implică o mărire a numărului de indivizi. Termenul de reproducere este utilizat mai ales cînd este vorba de înmulțirea sexuată.

Formele de înmulțire, atît de variate la plante, pot fi grupate în două mari categorii : înmulțirea asexuată (vegetativă) și înmulțirea (reproducerea) sexuată.

6.1. ÎNMULȚIREA VEGETATIVĂ (ASEXUATĂ)

Este însușirea multor plante de a produce un organism nou pornind de la un organ vegetativ, de la un fragment de organ, de la un grup de țesuturi sau chiar de la o celulă (adesea numită spor), deci niciodată dintr-o formațiune rezultată în urma contopirii a două celule sexuate sau gameți. Acest mod de înmulțire se mai numește și regenerare, nefiind legat de o anumită etapă de dezvoltare a plantei-mamă (exceptînd cazurile cînd se produc spori de înmulțire asexuată).

Înmulțirea vegetativă este un proces normal și uneori obligatoriu de înmulțire, ca de exemplu la *Bryophyta* și *Gramineae*. Ea devine o regulă dacă o specie este împiedicată, cel puțin într-o anumită parte a ariei sale de repartiție sau de cultură, să formeze semințe ; este cazul multor plante *exotice* care nu fructifică în climatul nostru temperat, ca de exemplu *Pelargonium, Fuchsia* (fuxie) ș.a., sau al speciilor *dioice* de la care doar un singur sex a fost introdus într-o anumită regiune, ca de exemplu *Elodea canadensis* sau *Populus nigra* var *italica* (plopul italian). În aceeași categorie intră și speciile de mare cultură, din care s-au selecționat varietăți fără semințe, ca de exemplu ananasul, bananierul, portocalul fără semințe.

6.1.1. ÎNMULȚIREA VEGETATIVĂ LA PLANTELE INFERIOARE

1. *La alge albastre (Cyanophyta)* și la *bacterii (Bacteriophyta)* sexualitatea lipsește sau este aproape absentă. Modul cel mai simplu și mai răspîndit de înmulțire este *sciziparitatea, bipartiția* sau *diviziunea directă*. Datorită prezenței nucleului „rudimentar" (neindividualizat din punct de vedere morfologic) și a înmulțirii prin sciziparitate, algele albastre și bacteriile sînt adesea grupate sub numele de protocariote sau *Schizophyta*. Din punct de vedere morfologic se pot distinge trei moduri de înmulțire la protocariote : a) diviziunea celulelor în interiorul coloniei, asigurînd creșterea acesteia ; în acest caz rezultă *endogonidii* (ex. *Anabaena, Gloeocapsa, Aphanothece caldariorum)* ; b) dispersia de celule sau fragmente de colonii, asigurînd răspîndirea speciei ; în acest caz rezultă *hormogonii* [ex. *Oscillatoria* (fig. 226). *Calothrix confervicola*] ; c) dispersia de elemente aflate în stare latentă, asigurînd răspîndirea speciei, ușurînd parcurgerea unei perioade nefavorabile ; în acest caz rezultă *hormociste* (ex. *Nostoc, Westiella lanosa*).

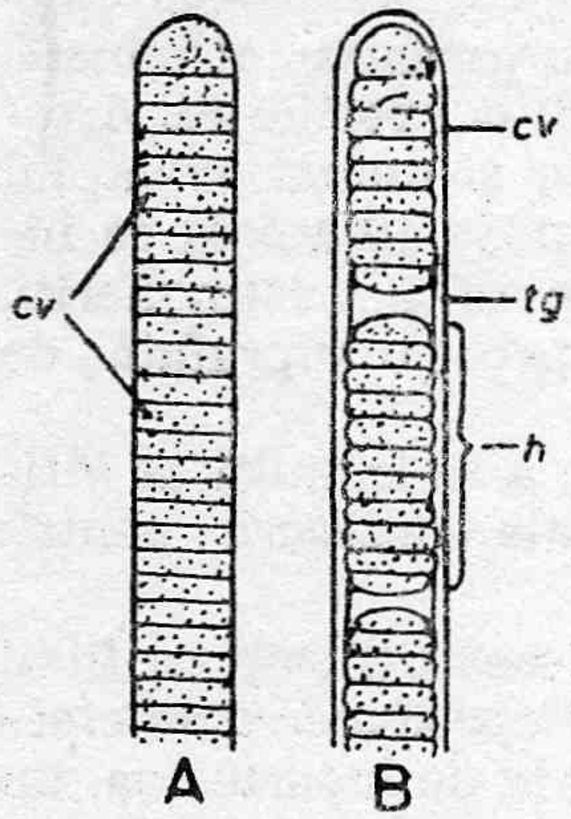


Fig. 226. Alcătuirea talului la *Oscillatoria* sp. : *A* — parte din talul filamentos; *B* — formarea de hormogonii; *cv* — celule vegetative; *h* — hormogonii; *tg* — teacă gelatinoasă (după Geitler).

2. La algele verzi *(Chlorophyta)*, brune *(Phaeophyta)*, roșii *(Rhodophyta)*, galben-brune *(Chrysophyta)* și incolore *(Diatomeae)*, nucleul există în celulă și se divide prin mitoză sau diviziune indirectă și există aproape întotdeauna o reproducere sexuată. Înmulțirea vegetativă este

asigurată prin *sciziparitate* la algele unicelulare, prin *fragmentarea mecanică a talului* la algele pluricelulare macroscopice (cu tal diferit conformat), dar cel mai adesea prin celule specializate numite *spori*. Algele verzi pot prezenta și dispozitive speciale de înmulțire vegetativă, numite *propagule* (ex. *Sphacelaria*) și *chiști* sau achineți (ex. *Chlorophyceae* inferioare, dintre algele verzi și *Peridineae* dintre diatomee).

3. La ciuperci *(Fungi* sau *Mycophyta)* talul este un miceliu incolor, format din hife. Înmulțirea vegetativă cea mai simplă este *fragmentarea talului* (procedeu folosit în cultura ciupercilor). Uneori are loc divizarea talului în unități unicelulare (ex. *Mucoraceae*). Dintre formele de rezistență amintim *clamidosporii* și *sclerоții*, ca la *Claviceps purpurea* [cornul *secarei)* (fig. 227 A—D)]. În cazuri mai rare, înmulțirea vegetativă are loc prin *înmugurire*, ca la *Saccharomyces cerevisiae* (drojdia de bere), sau prin *rizomorfe*, adică mănunchiuri de micelii cu creștere nelimitată, ca la *Armillaria mellea* (fig. 227, E).

Spori propriu-ziși se întîlnesc la toate grupele de ciuperci. Sporii flagelați sau zoosporii caracterizează ciupercile inferioare (*Phycomycetes*: ciuperci de apă — *Saprolegniaceae* și ciuperci de uscat — *Perenosporaceae*). La toate celelalte ciuperci sporii sînt imobili : unii *exogeni* (conidii sau coremii), ca la *Ascomycetes* de tipul *Penicillium*, iar alții *endogeni*, ca la *Mucoraceae* (mucegaiuri).

4. La licheni *(Lichenes)*, alga din componența talului nu manifestă sexualitate, ci se înmulțește fie prin sciziparitate, fie prin spori endogeni ; ciuperca, dimpotrivă, se înmulțește atît sexuat, cît și asexuat (prin conidii și picnospori). În afară de aceasta lichenii se mai pot disemina prin fragmente de tal sau prin formațiuni speciale numite *soralii* ; acestea sînt adînciturі în „scoarță“, la nivelul cărora medula lichenului se transformă într-un praf făinos de *soredii* [glomerule mici, formate din cîteva celule de algă, înconjurate de hife miceliene (fig. 227, F—G)].

5. La *Bryophyta*, toate părțile organismului sînt capabile să formeze organe speciale de înmulțire vegetativă, numite *propagule* (ex. *Marchantia polymorpha)* (fig. 228) ; în plus, tulpinițele se ramifică din abundență și dau naștere la pernițe, în interiorul cărora părțile mai în vîrstă se dezorganizează și astfel ramurile tinere se separă unele de altele, devenind indivizi distincți.

6.1.2. ÎNMULȚIREA VEGETATIVĂ LA PLANTELE SUPERIOARE (CORMOPHYTA)

1. *Înmulțirea vegetativă naturală*. La *Cormophyta* înmulțirea vegetativă are loc prin mai multe mijloace, dintre care menționăm :

a) *Fragmentarea* este caracteristică plantelor lemnoase cu tendință de ramificare abundentă (mai ales la nivelul solului), ramurile rezultate înrădăcinîndu-se și separîndu-se ulterior, cînd părțile mai în vîrstă mor. Fragmentarea este caracteristică, de asemenea, multor plante acvatice : *Elodea, Salvinia, Lemna, Myriophyllum, Ceratophyllum, Utricularia* ș.a.

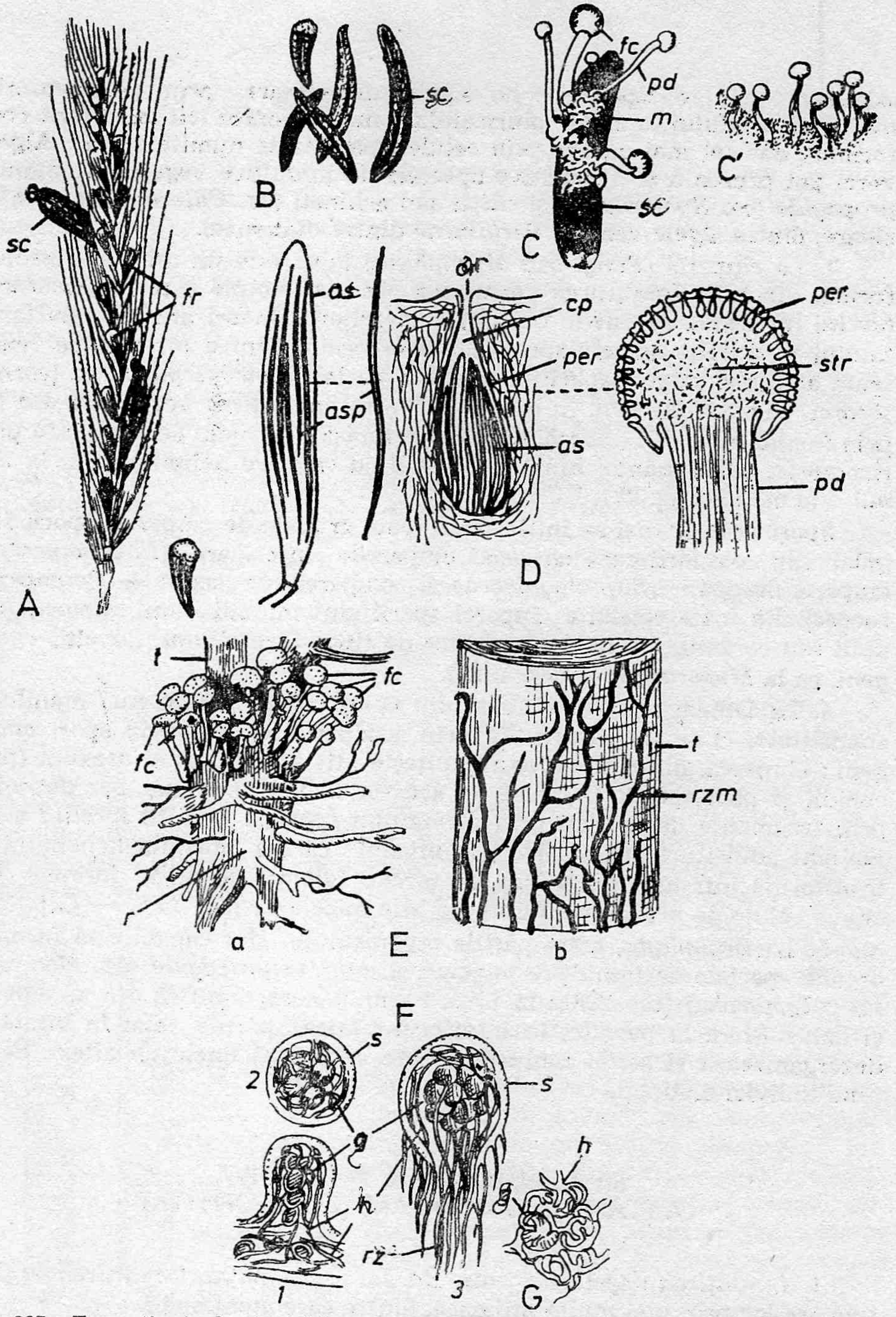


Fig. 227. Formațiuni de înmulțire vegetativă : scleroți (*A—D*), rizomorfe (*E*) și soredii (*F*, *G*) :

A — spic de secară cu scleroți de *Claviceps purpurea*; *B* — scleroți izolați; *C*, *C'* — sclerot germinați cu mai multe „fructificații"; *D* — corp de „fructificare" în secțiune longitudinală, cu peritecii; *E* — rizomorfe de *Armillaria mellea* (*a* — grupă de „fructificații" pe partea bazală a unui trunchi de copac; *b* — rizomorfe pe un trunchi cu scoarța îndepărtată); *F* — soredii de *Xanthoria parietina* (*1* — formarea unei soredii; *2* — soredie izolată; *3* — fixarea sorediei prin rizoizi); *G* — soredie de *Parmelia sp.*; *as* — asce; *asp* — ascospori; *cp* — cavitatea periteciei; *fc* — „fructificații" ale ciupercii; *fr* — „fruct"; *g* — gonidie; *h* — hifă; *m* — miceliu; *or* — orificiu; *pd* — pedunculi; *per* — peritecie; *r* — rădăcină; *rz* — rizoizi; *rzm* — rizomorfe; *s* — soredie; *sc* — scleroți; *str* — stromă; *t* — trunchi (*A—D* : după I. T. Tarnavschi și colab.; *E*, *F* : după I. Grințescu; *G* : după Strasburger).

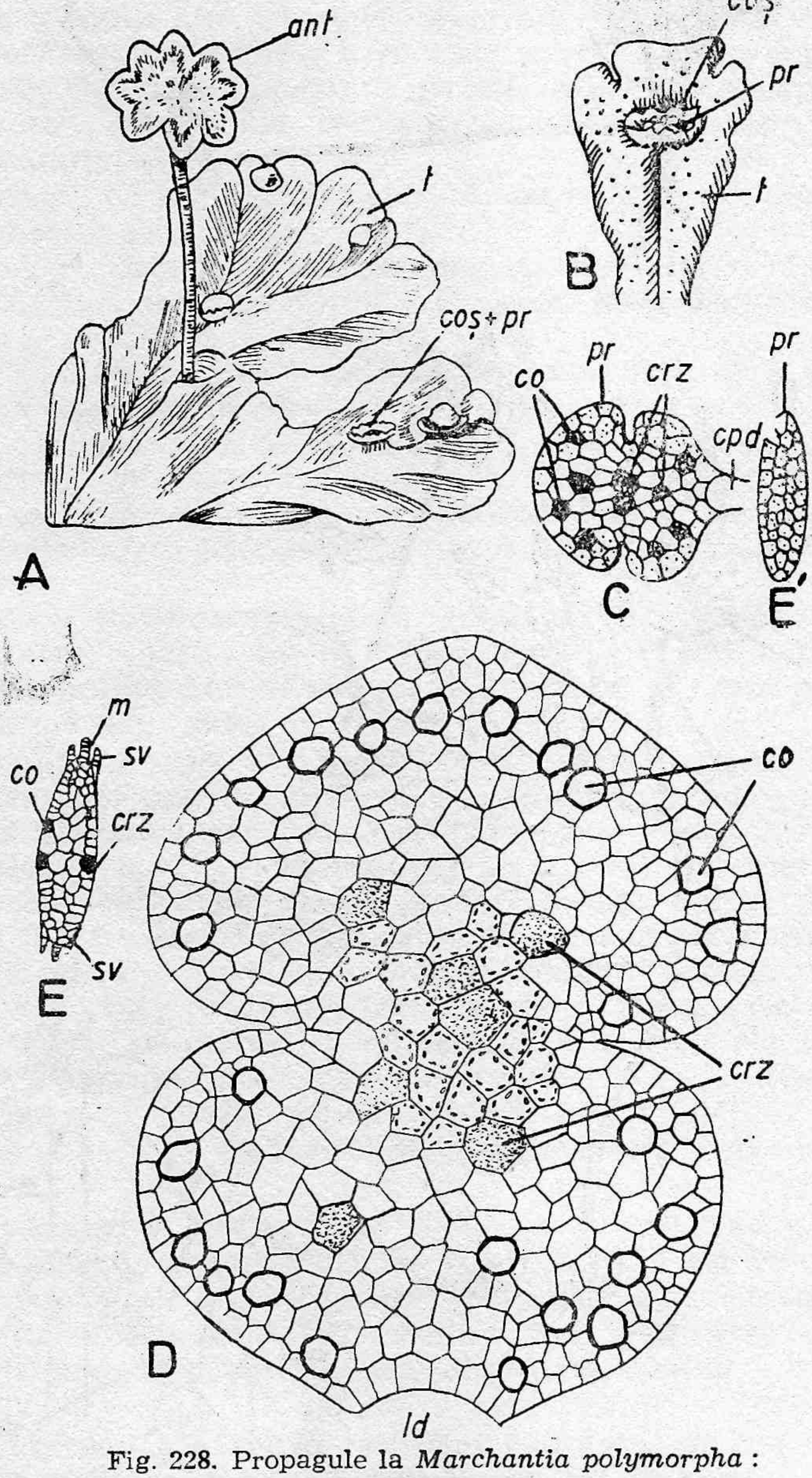


Fig. 228. Propagule la *Marchantia polymorpha* :

A — tal avînd coşuleţe cu propagule; *B* — lob al talului mărit, cu un coşuleţ conţinînd propagule; *C, D* — propagulă matură, mult mărită; *E, E'* — propagulă tînără secţionată transversal; *ant* — anteridiofor; *co* — celule oleifere; *coş* — coşuleţ; *cpd* — celulă pedicelară; *crz* — celule rizoidogene; *ld* — locul de desprindere a propagulei de pe pedicel; *m* — meristem; *pr* — propagulă; *sv* — scvame în formare; *t* — tal (după K n y).

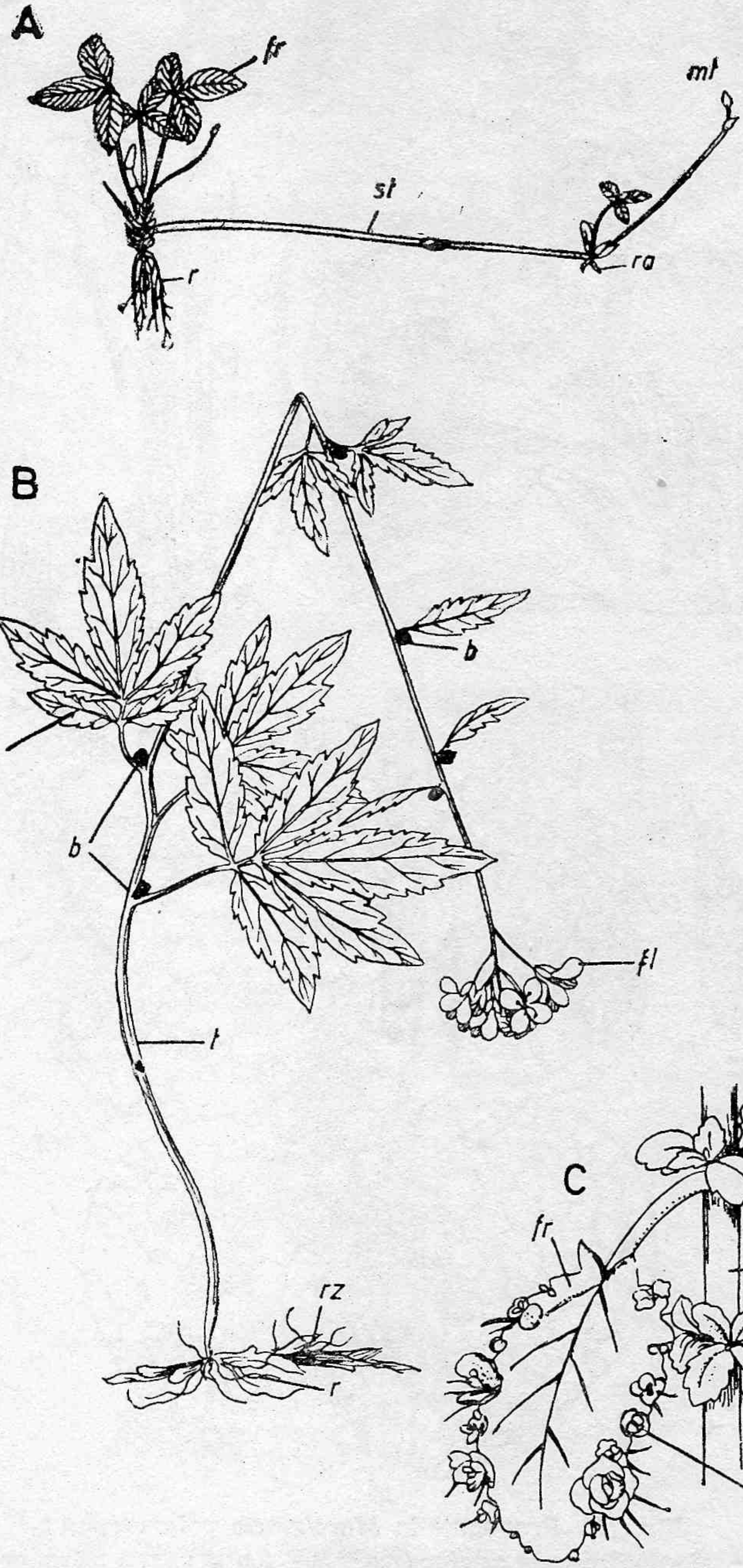


Fig. 229. Formațiuni de înmulțire vegetativă :

A — stoloni (*Fragaria vesca*) ; *B* — bulbile (*Dentaria bulbifera*) ; *C* — muguri adventivi (*Bryophyllum* sp.) ; *b* — bulbile; *fl* — floare; *fr* — frunză; *ma* — mugure adventiv; *mt* — mugure terminal; *n* — nod; *r* — rădăcină *ra* — rădăcini adventive; *rm* — ramură; *rz* — rizom; *st* — stolon; *t* — tulpină (*A* : după I. Grințescu; *B* : după Flora R.P.R.; *C* : după Strasburger).

b) Înmulţirea prin *bulbi,* ca la *Tulipa, Allium, Scilla* ş.a., *bulbotuberculi,* ca la *Gladiolus, Croccus, Colchicum* ş.a., *rizomi,* ca la *Iris, Convallaria, Polygonatum, Phragmites* ş.a., *stoloni subterani,* ca la *Bromus* (obsigă), *Agropyron* şi multe alte graminee, precum şi la *Cyperaceae, stoloni aerieni,* ca la *Fragaria, rădăcini şi radicele tuberizate* împreună cu coletul, ca la *Dahlia, Raphanus, Daucus, tuberculi,* ca la *Solanum tuberosum.*

c) Dintre formaţiunile specializate pentru înmulţirea vegetativă (fig. 229) amintim :

— stolonii, ca la *Fragaria vesca, Ajuga reptans, Hieracium pilosella, Rubus fruticosus* ş.a. ;

— drajoni (lăstari apăruţi din mugurii adventivi ai rădăcinilor), ca la *Populus, Tilia, Robinia, Syringa, Cydonia, Rosa, Taraxacum, Cirsium, Agave* ş.a. ;

— *bulbile* (muguri în viaţă latentă, susceptibili de a intra în viaţă activă după separarea de planta mamă şi în contact cu solul), care se pot forma la nivelul solului, pe colet, numiţi tuberule, ca la *Ficaria verna* sau pe părţile subterane : în bulbi, ca la *Lilium ;* pe tulpină, în axila frunzelor, ca la *Dentaria bulbifera ;* pe limbul foliar, ca la *Bryophyllum, Cystopteris bulbifera* ş.a. ; în inflorescenţe, ca la multe specii de *Allium* şi *Agave ;*

— *turioni* (hibernacule), ca la multe plante acvatice : *Utricularia, Stratiotes, Hydrocharis ;* aceştia sînt muguri ce se formează toamna în vîrful tulpinii, după care se detaşează de plantă, iernează pe fundul bălţilor. iar primăvara produc noi plante.

2) *Înmulţirea vegetativă artificială.* Este făcută de om şi corespunde unui ansamblu de practici horticole, care prezintă nu numai o foarte mare importanţă aplicativă, dar şi un foarte mare interes biologic. Ea răspunde următoarelor scopuri : propagarea speciei sau, cel mai adesea, a varietăţilor de plante cultivate, care nu produc seminţe viabile (fie din cauza climatului în care cresc, fie din cauza selecţionării de varietăţi partenocarpice) ; accelerarea producţiei, indivizii obţinuţi prin înmulţire vegetativă fiind mai rapid productivi decît cei care rezultă din seminţe (de exemplu, la cartof sînt necesari 4—5 ani pentru a obţine noi plante din seminţe şi doar un an pornind de la tuberculi sau fragmente de tuberculi) ; grija de a menţine o constituţie genetică omogenă a varietăţilor cultivate.

Dintre procedeele de înmulţire vegetativă artificială menţionăm pe următoarele :

a) *Separarea* de părţi dintr-o plantă (de regulă dintr-o tufă). Aceste părţi care prezintă fiecare rădăcini şi tulpini (sau cel puţin muguri) şi care sînt susceptibile să ducă, după replantare, o viaţă autonomă. Aşa se înmulţesc numeroase plante ornamentale, cum ar fi : *Paeonia, Heleborus, Dahlia, Iris,* precum şi unele plante alimentare, cum ar fi *Solanum tuberosum.*

b) *Butăşirea* (fig. 230). Butaşii sînt fragmente de organe vegetative detaşate de planta mamă, care puse în condiţii favorabile de mediu sînt capabile de a produce noi indivizi. Butăşirea se utilizează numai în cazul plantelor care au însuşirea de a produce uşor rădăcini adventive. Butaşi pot fi : *ramuri de tulpină,* ca la *Salix, Ribes* (coacăz), *Vitis,* diferite specii legumicole şi ornamentale, *fragmente de rădăcină,* ca la *Cerasus avium, Prunus domestica, Corylus avellana, Rubus idaeus, Anemone, Phlox* (bru-

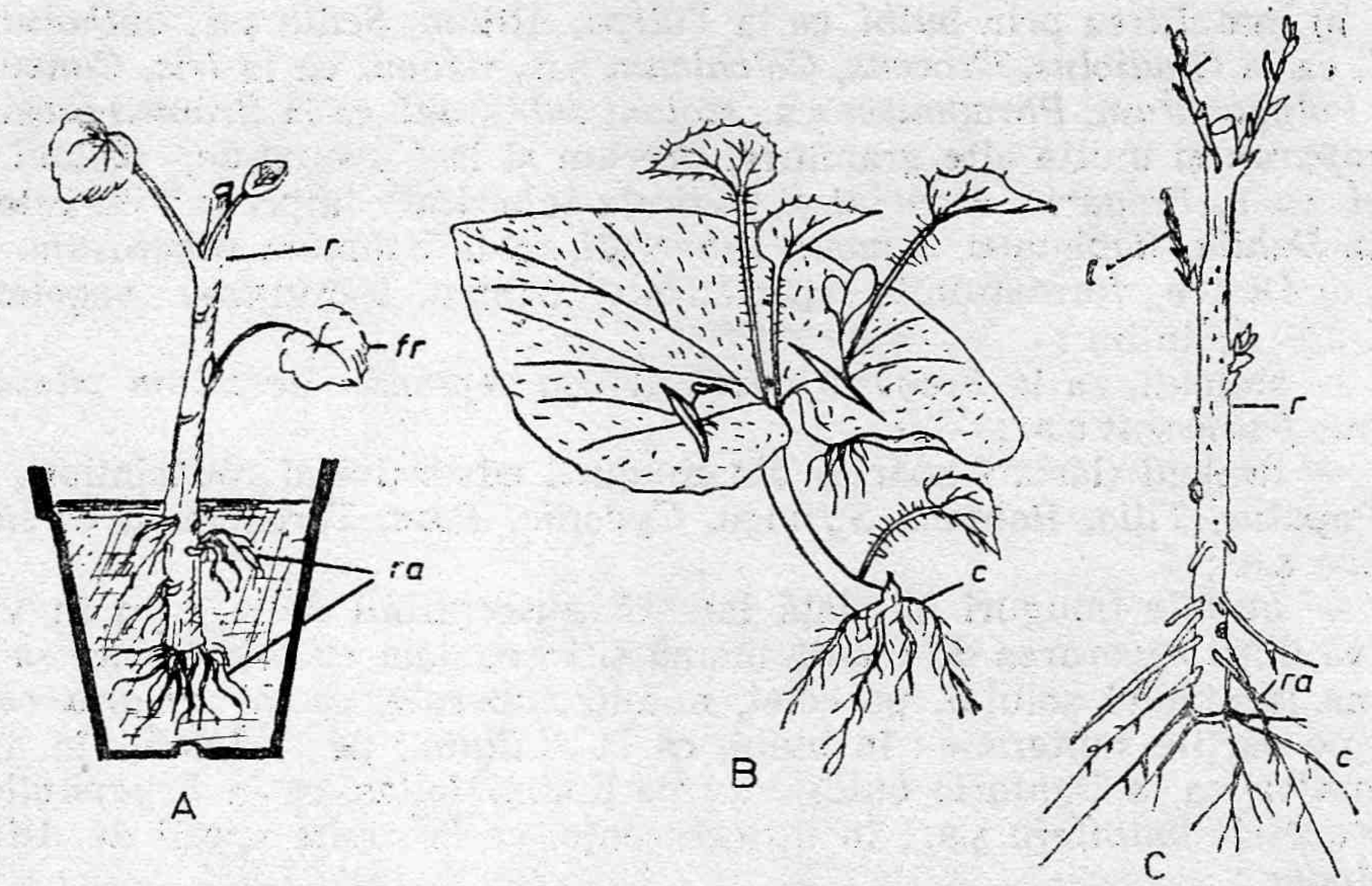


Fig. 230. Butășirea la *Pelargonium zonale* (*A*), *Begonia* sp. (*B*) și *Salix* sp. (*C*) :
c — calus; *fr* — frunză; *l* — lăstar; *r* — ramură; *ra* — rădăcini adventive
(după I. G r i n ț e s c u).

mărele), *Pelargonium* ș.a., *frunze,* ca la *Begonia, Echeveria, Peperomia, Hyacinthus, Coleus, Ficus* ș.a.

c) *Marcotajul* (fig. 231, A). Este un tip special de butășire, în care butașul este menținut în legătură cu planta mamă pînă ce el și-a format rădăcini. Procedeul cel mai simplu constă în îndoirea marcotelor (ramuri flexibile) spre pămînt, introducerea acestora în sol și ridicarea unei porțiuni cu muguri la suprafața acestuia ; după ce s-au format rădăcini adventive, tînăra plantă foliată se separă de planta mamă. Acest mod de înmulțire se folosește în cazul unor plante lemnoase, cum ar fi *Vitis vinifera, Alnus, Cydonia, Ribes* și al unora ierbacee, ca de exemplu *Dianthus* (garoafa).

d) *Altoirea* (fig. 231, B—F). Constă în a reuni două plante, prin punerea în contact a țesuturilor lor interne în condiții care permit sudura lor în cursul cicatrizării. Se transportă astfel o ramură (butaș sau mugur) numită „altoi“ pe o altă plantă numită „portaltoi“ (este un fel de butășire pe suport viu). După dezvoltarea de ramuri de către altoi se suprimă aparatul aerian al portaltoiului și se obține astfel un fel de simbioză între două plante, din care una (altoiul) a dat aparatul aerian, iar cealaltă (portaltoiul), aparatul subteran. Altoirea nu asigură o mărire a numărului de indivizi, ci o propagare a varietăților utile din punct de vedere economic sau ornamental. Totodată, plantele rezultate în urma altoirii sînt mai rezistente la îngheț, la boli, la atacul animalelor, ori pot crește mai ușor în sărături, locuri umede, pe stîncării etc.

Acest tip de înmulțire vegetativă se utilizează îndeosebi la pomii fructiferi. Metodele de altoire sînt foarte numeroase și variate, în funcție de grupa sistematică sau biologică de plante la care ne referim. Mai frec-

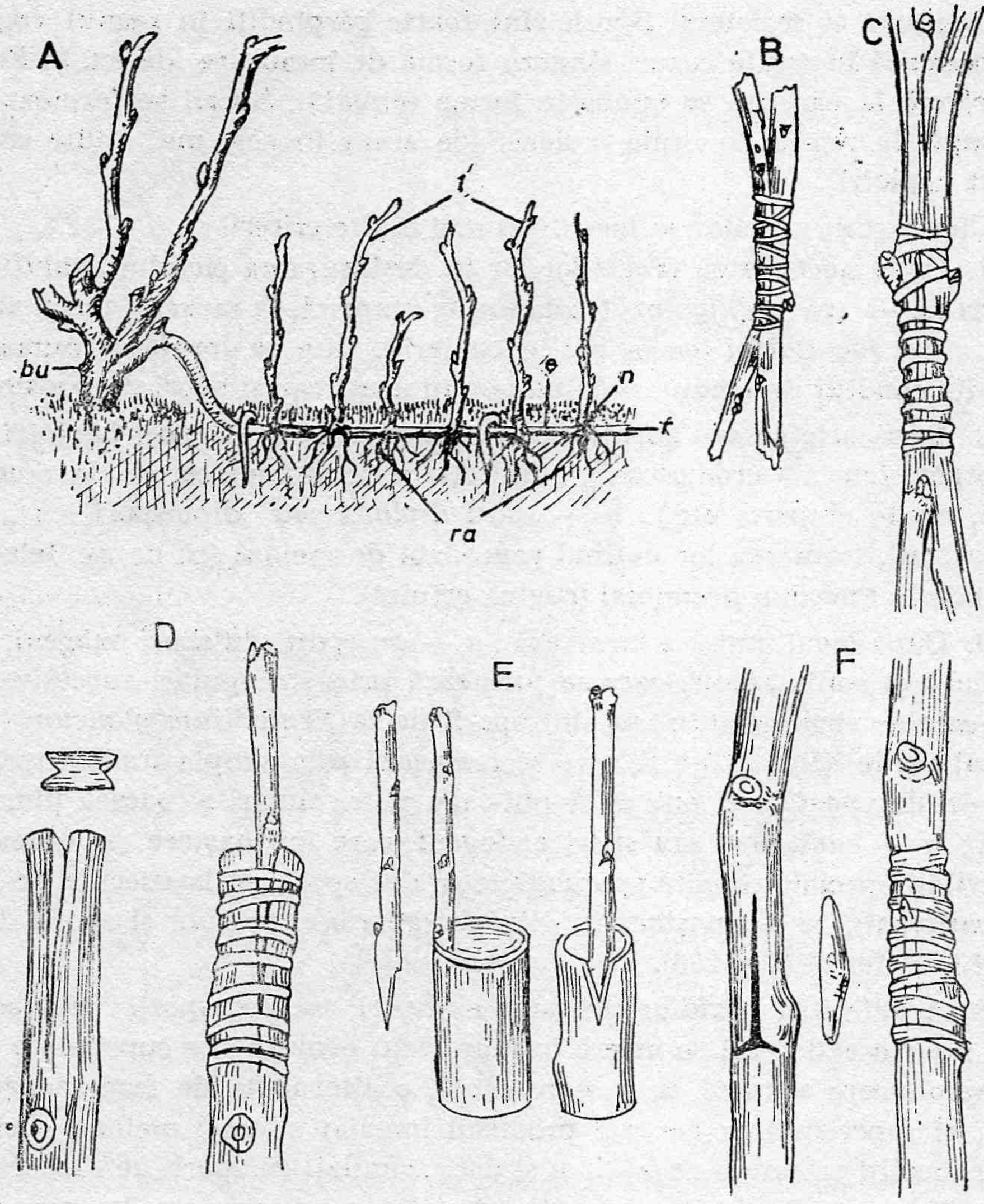


Fig. 231. Marcotajul la *Vitis vinifera* (*A*) și diferite tipuri de altoire :
B — prin alipire; *C* — prin copulație; *D* — în despicătură; *E* — sub coajă; *F* — prin oculație; *bu* — butuc; *l* — lăstari; *n* — nod; *r* — ramură; *ra* — rădăcini adventive (*A* : după I. Grințescu; *B*, *E* : după Rjavitin; *C*, *D*, *F* : după Bordeianu).

vent utilizate sînt următoarele metode de altoire : prin alipire, în copulație, în despicătură, sub coajă, în ochi (prin oculație) etc.

6.1.3. ÎNMULȚIREA ASEXUATĂ PRIN SPORI

Unii autori consideră această înmulțire separat de cea vegetativă și o numesc asexuată. *Sporii* sînt celule germinative izolate, care servesc adesea și ca formațiuni de rezistență, permițînd plantelor să treacă perioadele nefavorabile de vegetație ; în acest caz sporii sînt înconjurați de un pe-

rete compact și rezistent. Sporii sînt foarte răspîndiți în regnul vegetal și reprezintă în multe cazuri singura formă de înmulțire (de ex. la *Fungi imperfecti*, la care nu se cunoaște forma sexuată). Sporii se formează în *sporangi*, de regulă în urma meiozei (de aceea în cele mai multe cazuri ei sînt haploizi).

Clasificarea sporilor se face după mai multe criterii :

1. După necesitatea prezenței lor în desfășurarea ciclului evolutiv al plantei : a — *spori obligatori* (ca la multe ciuperci, la mușchi, ferigi etc.) ; b — *spori facultativi* (ca la multe bacterii), care se formează numai în anumite condiții de mediu, numindu-se în acest caz și spori de rezistență.

2. După origine sau garnitura de cromozomi : a — *spori haploizi* sau haplospori (cu „n" cromozomi), rezultați în urma meiozei (ca la mușchi, ferigi, multe ciuperci etc.) ; b — *spori diploizi* sau diplospori (cu „2 n" cromozomi), formarea lor nefiind precedată de meiază (ca de ex. teleutosporii de la *Puccinia graminis)* (rugina grîului).

3. După locul unde se formează : a — *exospori* sau spori exogeni, numiți încă și conidiospori, care se formează prin strangulări succesive ale filamentelor sporangelui ; așa sînt sporii de la *Penicillium glaucum* (mucegaiul verde) (fig. 232) ș.a., care se formează prin simpla transformare a unei celule vegetative, putînd fi uni- sau pluricelulari și adesea plurinucleați ; b — *endospori* sau spori endogeni, care iau naștere întotdeauna în cavități speciale numite sporangi ; așa sînt sporii de la speciile de *Mucor* (mucegai), ce iau naștere în celule vegetative, precum și sporii de la mușchi ori ferigi (fig. 233).

Prin definiție, *bazidiosporii* sînt exospori, iar *ascosporii* sînt endospori ; dar acești spori se inseră într-un ciclu evolutiv, ce cuprinde o fază de reproducere sexuată și, în consecință, o alternanță de faze sau generații ; ei reprezintă în general produsul imediat al unei meioze, deci nu pot fi socotiți ca celule vegetative și deci asimilați cu sporii de care ne-am ocupat mai sus. De dorit ar fi să se abandoneze denumirea de spori pentru *Ascomycetes* și *Basidiomycetes ;* dar cum această denumire este bine încetățenită, ar trebui cel puțin să se exprime prin termenul de *gonospor* caracterul particular al sporilor formați în cursul alternanței de faze.

4. După formă și mărime sporii pot fi : a — *izospori,* adică egali ca formă, mărime și structură (ca la mușchi, majoritatea ferigilor) ; b — *heterospori,* adică inegali, unii fiind mai mari (macrospori), iar alții mai mici (microspori), ca la unele ferigi din genurile *Selaginella* și *Salvinia* și la toate spermatofitele (unde grăuncioarele de polen sînt microspori, iar sacul embrionar este macrospor).

5. După posibilitatea ce o au de a se mișca sau nu : a — *zoospori* sau *planospori,* adică spori mobili datorită cililor sau flagelilor, întîlniți la

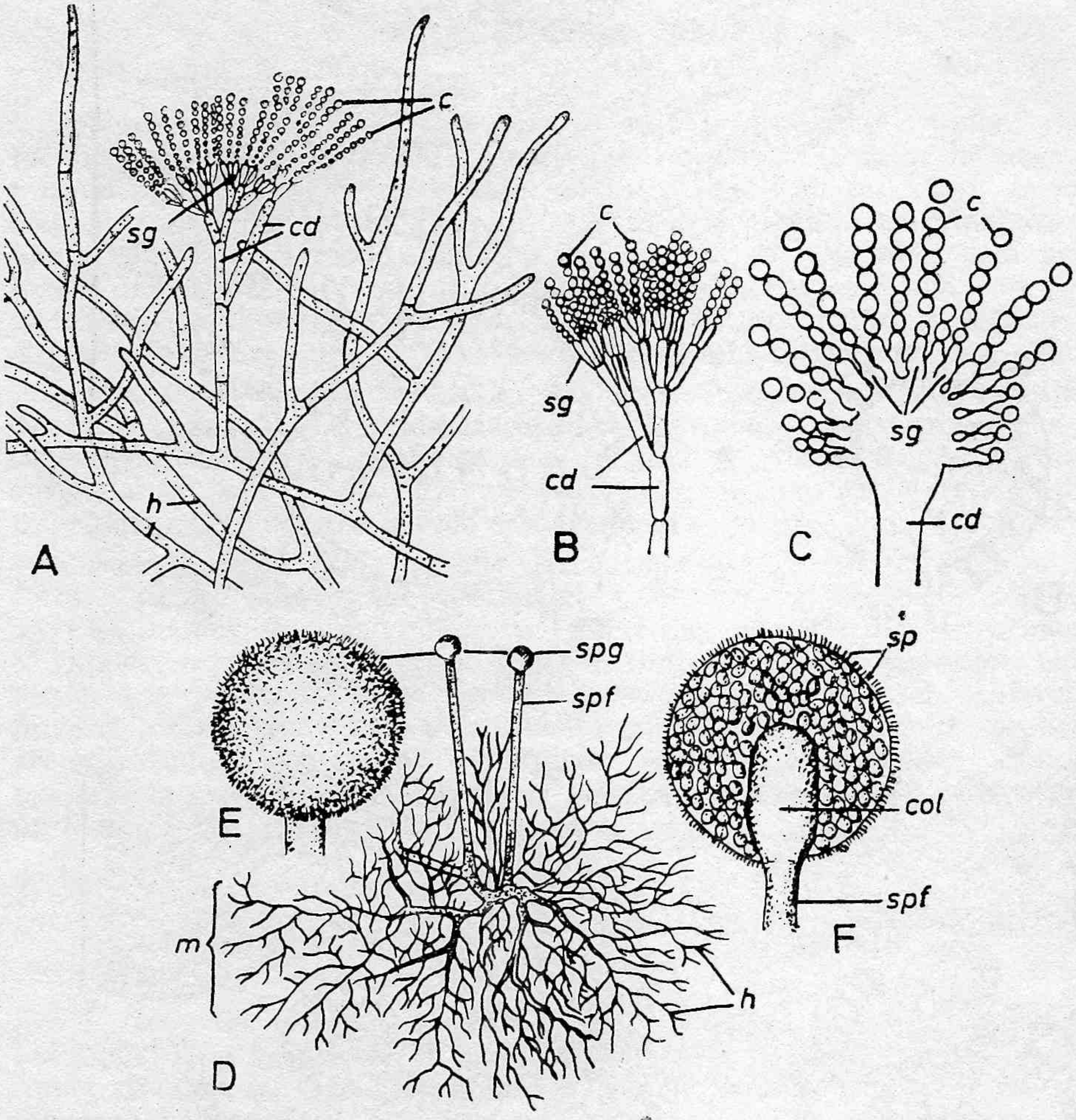


Fig. 232. Înmulțire vegetativă prin spori la *Penicillium glaucum* (*A* — habitusul ciupercii ; *B* — conidiofor cu conidii), *Aspergillus glaucus* (*C* — conidiofor cu conidii) și *Mucor mucedo* (*D* — habitusul ciupercii; *E* — morfologia externă a sporangelui; *F* — sporangele văzut în secțiune longitudinală) :

c — conidii; *cd* — conidiofor; *col* — columelă; *h* — hife; *m* — miceliu; *sg* — sterigme; *sp* — spori; *spf* — sporangiofor; *spg* — sporange (*A*: după *Guttenberg*; *B*: după Strasburger; *C*: după Gäumann; *D, E, F* : după I. Morariu).

Flagellatae, numeroase alge verzi *(Chlorophyta)* și brune *(Phaeophyta)*, ca și la unele ciuperci inferioare *(Phycomycetes)* ; zoosporii pot avea flageli sau cili egali ori inegali, inserați la vîrf (spori acroconți) sau lateral (spori pleuroconți), în număr de 1, 2, 4 sau mai mulți ; b — *aplanospori* sau imobili, lipsiți de flageli sau cili, întîlniți la ciupercile superioare *(Ascomycetes* și mai ales *Basidiomycetes)*, la licheni, mușchi, ferigi etc. ; dintre alge cu spori imobili citățm pe *Chlorella vulgaris*.

Variatele forme de spori, caracteristice îndeosebi talofilelor, vor fi prezentate la disciplina de taxonomie.

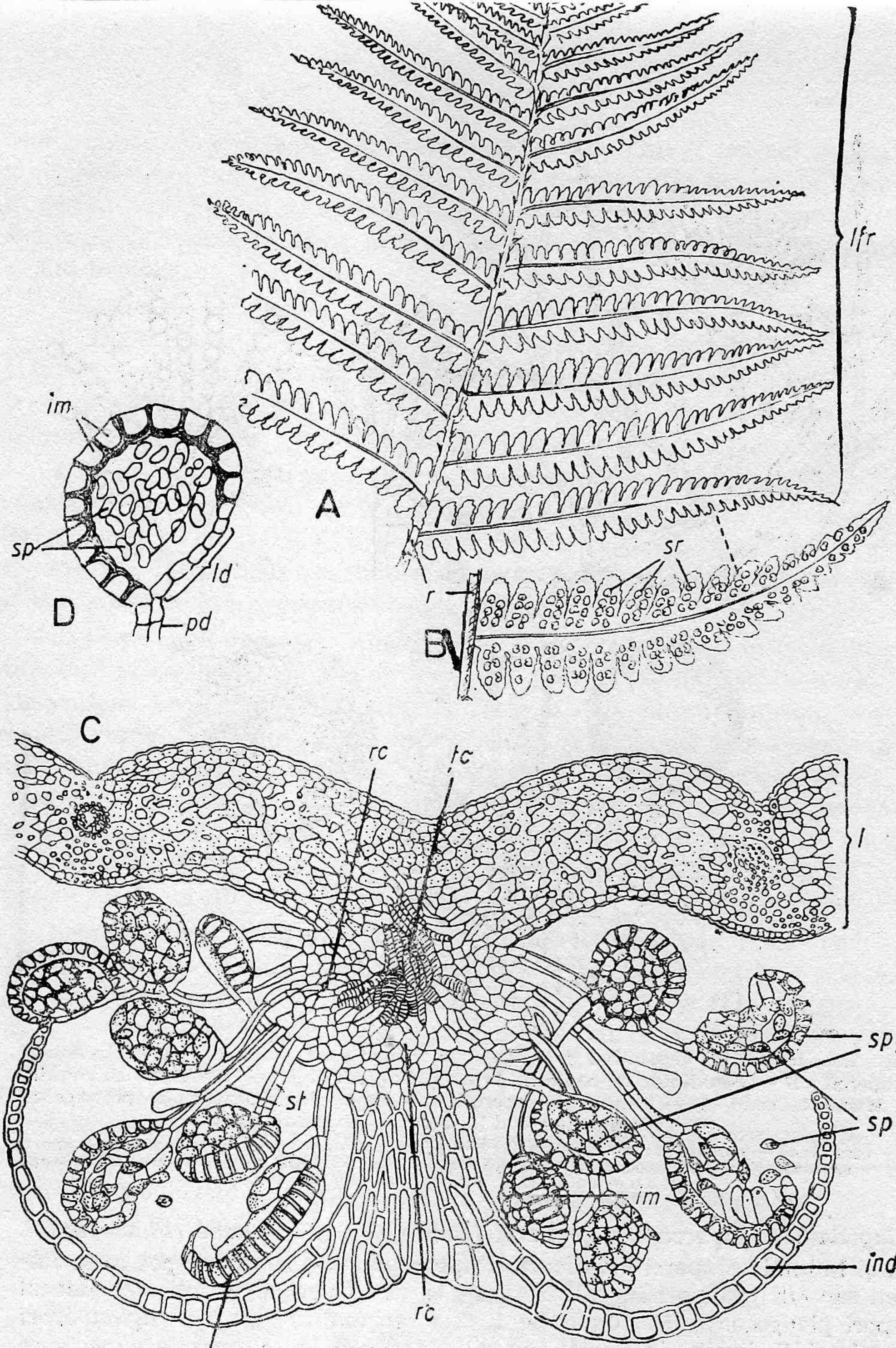


Fig. 233. Ciclul evolutiv la *Dryopteris filix mas* :

A — fragment dintr-o frunză; *B* — un segment foliar cu sori pe fața inferioară; *C* — secțiune transversală prin frunză, în dreptul unui sor; *D* — structura unui sporange în secțiune longitudinală; *im* — inel mecanic; *ind* — induzie; *l* — lamină; *ld* — locul de deschidere; *lfr* — lamina frondei (frunzei); *pd* (*st*) — pedunculul sporangelui; *r* — rahis; *rc* — receptacul; *sp* — spori; *spg* — sporange; *sr* — sor; *țc* — țesut conducător (*A*, *B* : după Flora R.P.R.; *C* : după Dodel-Port; *D* : după Strasburger).

6.2. REPRODUCEREA SEXUATĂ

Reproducerea sexuată este caracterizată prin fuziunea, unirea sau fecundarea a două celule de sex opus numite *gameți* (a căror formare — într-un moment anumit al ciclului evolutiv — a fost precedată de meioză) într-un *zigot* sau ou ; așadar, zigotul este o celulă germinativă diploidă, din care va rezulta un singur organism, care va trece prin toate fazele dezvoltării parcurse de părinții săi ; de aceea este mai corect să se utilizeze termenul de reproducere sexuată în loc de înmulțire sexuată. Acest mod de înmulțire se întîlnește la marea majoritate a plantelor.

Reproducerea sexuată este o modalitate superioară de înmulțire, deoarece în cursul ei apare o stare calitativă nouă, *zigotul*, care aduce cu sine o creștere a vitalității organismului, legată de contradicțiile interne care apar în zigot în urma fuziunii celor doi gameți cu caractere ereditare diferite, pornind cel mai adesea de la indivizi diferiți.

Gameții sau celulele sexuale iau naștere din gametocite produse în formațiuni speciale numite *gametangi* * ; formarea gameților este precedată de meioză, deci celulele sexuale sînt haploide. De aici nu urmează să înțelegem că meioza are loc chiar în timpul formării gameților, ci ea poate să se producă înainte și chiar la germinarea zigotului. Diferența între cele două tipuri este evidentă. În primul caz organismul propriu-zis este diploid, constituind un *diplont*, iar faza haploidă este limitată exclusiv la gameți ; în al doilea caz organismul este haploid, constituind un *haplont*, iar faza diploidă este limitată la zigot.

6.2.1. TIPURI DE GAMEȚI ȘI DE FECUNDAȚIE

1. *Izogamia.* Gameții de sexe diferite au forma exterioară asemănătoare (sînt deci izogameți) și au întotdeauna flageli (putîndu-se ușor confunda cu zoosporii acelorași plante, ca la *Flagellatae, Chlorophyta*) ; din punct de vedere fiziologic izogameții se deosebesc de zoospori, deoarece ei nu sînt capabili, fiecare în parte, să producă o nouă plantă, ci numai după ce au fuzionat într-un zigot. Gameții masculi se disting de cei femeli doar prin comportamentul lor fiziologic diferit, motiv pentru care se notează cu + și —. Izogamia, foarte răspîndită la alge și ciuperci, poate fi *completă*, cînd gameții — asemănători din punct de vedere morfologic — se comportă la fel și fiziologic, ambii fiind la fel de mobili (ca la multe alge verzi, diatomee, mucegaiuri, drojdii și ciuperci superioare) și *incompletă*, cînd gameții sînt asemănători ca morfologie dar diferiți ca fiziolo-

---

* La plantele unicelulare și cele pluricelulare cu organizare simplă gametangii sînt celule vegetative obișnuite, a căror conținut se dezorganizează în timpul formării gameților ; în acest caz gametangii se numesc *oogoane* (în care se vor forma celulele sexuale femele) și *spermangii* (în care se vor forma celule sexuale mascule). La plantele superior organizate, gametangii sînt recipiente de o formă și structură particulară, fiind cel mai adesea pluricelulare, numite *arhegoane* (cele de sex femel) și *anteridii* (cele de sex mascul).

gie (ca la *Ectocarpus siliculosus)*, gametul fixat comportîndu-se ca femel, iar cel mobil, ca mascul ; prin aceasta se face de fapt trecerea spre heterogamie.

2. *Heterogamia* (anizogamia). Se întîlnește la plantele mai evoluate și are loc între *heterogameți* (anizogameți). Gameții de sexe diferite sînt asemănători ca formă, dar inegali ca mărime, numindu-se *microgameți* cei masculi, mici și *macrogameți* cei *femeli*, mari.

Cînd gameții de sexe diferite se deosebesc doar ca formă și mărime, dar toți sînt mobili, fecundația se numește *heterogamie simplă* sau tipică (ca la unele alge și ciuperci). Cînd macrogametul *(oosfera)* este imobilă, rămînînd închisă în gametange, iar microgametul *(spermatozoidul* sau *anterozoidul)* este mobil, fecundația se numește *oogamie* (ca la *Fucus* și *Vaucheria* (fig. 234) dintre alge, la *Bryophyta, Pteridophyta* și *Gymno-*

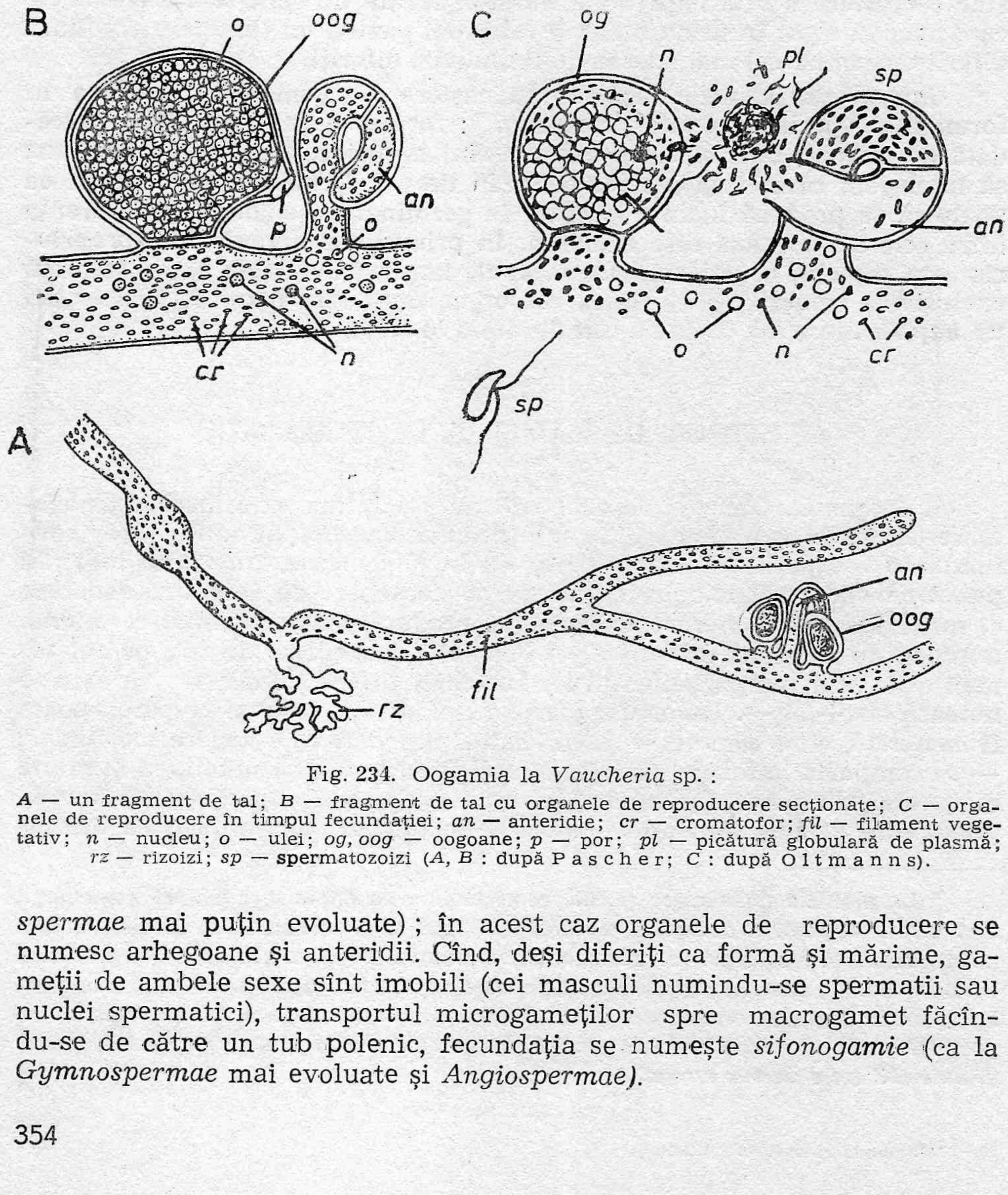


Fig. 234. Oogamia la *Vaucheria* sp. :
A — un fragment de tal; *B* — fragment de tal cu organele de reproducere secționate; *C* — organele de reproducere în timpul fecundației; *an* — anteridie; *cr* — cromatofor; *fil* — filament vegetativ; *n* — nucleu; *o* — ulei; *og, oog* — oogoane; *p* — por; *pl* — picătură globulară de plasmă; *rz* — rizoizi; *sp* — spermatozoizi (*A, B* : după P a s c h e r; *C* : după O l t m a n n s).

spermae mai puțin evoluate) ; în acest caz organele de reproducere se numesc arhegoane și anteridii. Cînd, deși diferiți ca formă și mărime, gameții de ambele sexe sînt imobili (cei masculi numindu-se spermatii sau nuclei spermatici), transportul microgameților spre macrogamet făcîndu-se de către un tub polenic, fecundația se numește *sifonogamie* (ca la *Gymnospermae* mai evoluate și *Angiospermae).*

3. *Gametangiogamia.* Este un caz particular de reproducere sexuată, unde nu se formează gameţi, ci conţinutul nediferenţiat al gametangilor plurinucleaţi (cel mai adesea) se fuzionează. Se distinge o gametangiogamie izogamă (ca la *Spirogyra, Mucor)* şi una heterogamă (ca la *Ascomycetes).*

4. *Somatogamia.* Reprezintă cazul de cea mai extremă reducere a fecundaţiei, întîlnită la ciupercile superioare (*Basidiomycetes*) ; aici nu se mai formează gametangi de tip special, ci celule de tip obişnuit, asemănătoare ca morfologie, asigură reproducerea sexuată, ele distingîndu-se prin comportamentul lor fiziologic.

Fenomenele intime ale fecundaţiei. Cele patru tipuri descrise mai sus reprezintă doar fenomenele externe ale fecundaţiei. Fenomenele intime ale acestui proces sînt *citogamia* sau plasmogamia, adică fuziunea citoplasmelor celor doi gameţi şi, mai ales, *cariogamia,* adică fuziunea nucleilor celor doi gameţi ; toţi ceilalţi constituienţi celulari ai gameţilor se amestecă fără să fuzioneze. Cariogamia are loc numai dacă cei doi gameţi sînt produşi de o aceeaşi specie sau de specii înrudite ale aceluiaşi gen ; aşadar, gameţii au o specificitate avansată, care se manifestă chiar şi în cazul izogameţilor (notaţi în mod convenţional cu + şi —).

Fenomenele intime ale fecundaţiei au urmări extrem de importante asupra zigotului rezultat din acest proces : în zigot se reîntregeşte numărul de cromozomi caracteristic speciei ; zigotul, diploid, nu este identic cu niciunul din cei doi gameţi, haploizi, asimilaţi reciproc ; vitalitatea zigotului este incomparabil mai mare decît a gameţilor luaţi în parte.

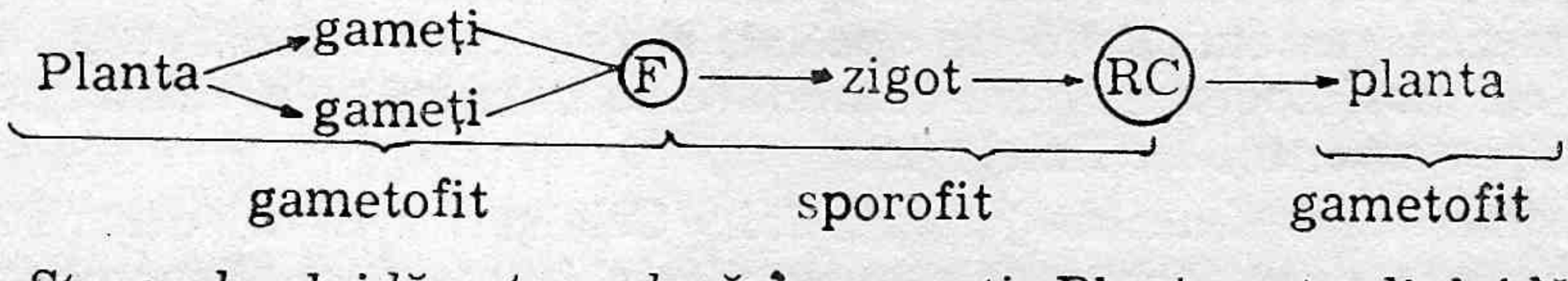
Prin germinaţie, adică diviziuni mitotice repetate, zigotul va da naştere la o nouă plantă : imediat, la plantele superioare sau după o perioadă de repaus, la plantele inferioare. La *Spermatophyta* embrionul, împreună cu o anumită cantitate de substanţe de rezervă, formează un nou organ, numit *sămînţă,* care rămîne fixată pe planta mamă pînă la dezvoltarea sa completă. Odată desprinsă de pe planta mamă şi ajunsă în condiţii favorabile de mediu, sămînţa va germina ; embrionul ei consumă substanţele de rezervă şi se dezvoltă într-o nouă plantă.

6.2.2. ALTERNANŢA DE FAZE (GENERAŢII)

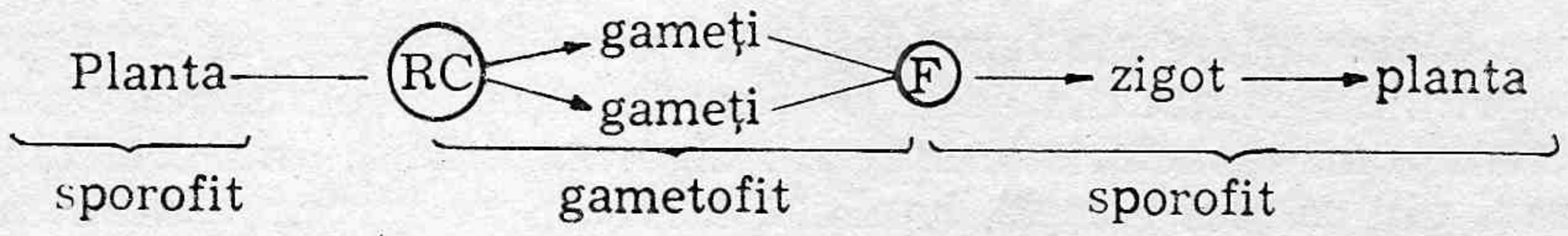
Ciclul de dezvoltare al fiinţelor sexuate este caracterizat prin două fenomene importante : *fecundaţia,* care dublează numărul de cromozomi al speciei şi *meioza,* care reduce la jumătate numărul de cromozomi dublat prin fecundaţie. Cele două fenomene împart ciclul vital al individului în două perioade, generaţii sau faze distincte : *faza haploidă* sau haplofaza, ce cuprinde ansamblul de generaţii celulare haploide şi *faza diploidă* sau diplofaza, ce cuprinde ansamblul de generaţii celulare diploide. Faza haploidă începe cu meioza şi se încheie cu fecundaţia ; se mai numeşte *gametofit,* deoarece este partea plantei care formează, de regulă, gameţi. Faza diploidă începe cu fecundaţia şi se termină cu meioza ; se mai numeşte *sporofit,* deoarece este partea plantei care formează, de regulă, spori.

După importanţa relativă a haplofazei şi a diplofazei, în ciclul vital al unui organism se pot distinge trei cazuri posibile :

1. *Starea diploidă este redusă la zigot.* Planta este haploidă. Gameţii sînt produşi direct de plantă şi se unesc într-un zigot. Zigotul suferă meioza şi din el se formează o nouă plantă haploidă. Meioza urmează deci imediat fecundaţiei şi este calificată ca un fenomen de „corecţie". Organismul se numeşte haplofazic sau haplont. Acest ciclu de dezvoltare se întîlneşte la unele talofite (ciuperci inferioare, unele alge : *Spirogyra).*



2. *Starea haploidă este redusă la gameţi.* Planta este diploidă. Celulele care produc gameţi suferă mai întîi meioza. Zigotul rezultat în urma contopirii celor doi gameţi este diploid şi din el se dezvoltă planta diploidă. Meioza precede deci imediat formarea gameţilor şi este calificată ca un fenomen „preventiv". Organismul se numeşte diplofazic. Acest ciclu de dezvoltare se întîlneşte la unele alge unicelulare *(Diatomeae)* şi pluricelulare *(Fucus),* ca şi la toate animalele pluricelulare.



3. *Ciclul comportă o alternanţă regulată între faza haploidă şi faza diploidă.* Planta comportă două faze vegetative : una (prima) ce debutează cu meioza şi sfîrşeşte cu fecundaţia ; aceasta este faza haploidă sau gametofitul, care reprezintă partea plantei ce conţine celule cu nucleu haploid şi care este purtătoare de gameţi ; cealaltă (a doua) începe cu fecundaţia şi se termină cu meioza : aceasta este faza diploidă sau sporofitul, care reprezintă partea plantei ce conţine celule cu nucleu diploid şi care este purtătoare de celule speciale care au suferit meioza, adică spori , aceştia se dezvoltă într-o nouă plantă haploidă.

Meioza nu are loc deci nici imediat înainte, nici imediat după fecundaţie ; ea este separată de două faze vegetative. Aparatul vegetativ al plantei este reprezentat fie prin gametofit, fie prin sporofit, fie prin ambele. Organismul este haplo-diplofazic. Acest ciclu se întîlneşte la plantele cu organizare mai complexă : unele *talofite* (alge brune : *Laminaria)* şi toate *briofitele, pteridofitele* şi *spermatofitele.*

Specializarea în reproducerea sexuată. În cursul evoluţiei, reprezentanţii regnului vegetal arată nu numai o complexitate crescută o morfologiei şi structurii lor generale, ci şi o specializare din ce în ce mai crescută a procesului de fecundaţie, ca şi a derulării ciclului de dezvoltare.

La alge fecundaţia este realizată în general în apă ; hazardul face ca numeroşii gameţi masculi mobili să întîlnească gameţii femeli care sînt

eliberaţi din gametangi. Algele par să constituie grupul de plante din care derivă, prin adaptare la viaţa terestră, pe de o parte ciupercile şi pe de altă parte briofitele, pteridofitele şi spermatofitele.

Briofitele şi pteridofitele sînt încă tributare mediului acvatic pentru reproducerea lor sexuată : fecundaţia de către numeroşi gameţi masculi mobili nu poate fi realizată decît în prezenţa unei picături de apă (rezultată din ploaie sau rouă). Din contră, plantele superioare, spermatofitele, bine adaptate la viaţa terestră, „aleg" calitatea mai curînd decît cantitatea ; gameţii masculi, puţin numeroşi şi imobili, sînt conduşi pînă la gametul femel. Această securitate şi stabilitate în reproducerea sexuată reflectă gradul cel mai ridicat de evoluţie.

Importanţa relativă a fazelor ciclului de dezvoltare. La talofite se întîlnesc toate tipurile posibile de cicluri de dezvoltare. Începînd cu briofitele, ciclul de dezvoltare va fi întotdeauna haplodiplofazic şi pe măsură ce se urcă pe scara evolutivă se observă o tendinţă de reducere a gametofitului în profitul sporofitului, care va reprezenta planta adaptată la viaţa terestră.

Într-adevăr, la plantele terestre mai puţin evoluate *(Bryophyta)*, gametofitul este cel care poartă şi organele sexuale mascule (anteridiile) şi organele sexuale femele (arhegoanele) ; gametofitul reprezintă planta propriu-zisă, în timp ce sporofitul, puţin dezvoltat (reprezentat prin sporogon), trăieşte dependent de gametofit.

La *Pteridophyta* sporofitul este cel care ia o dezvoltare preponderentă şi constituie planta propriu-zisă, în timp ce gametofitul, purtător al organelor sexuale (anteridii şi arhegoane), este redus la o mică lamă clorofiliană denumită protal.

La *Spermatophyta*, în sfîrşit, reducerea gametofitului mascul şi a gametofitului femel, ce se menţin distincţi, este şi mai accentuată ; ei trăiesc separat, dependent de sporofit, care constituie planta adaptată la viaţa aeriană.

Se pare, aşadar, că în cursul evoluţiei avem de-a face cu un paralelism între dezvoltarea individului superior diferenţiat (sporofitul) şi reducerea progresivă a gametofitului. Un organism diploid *(2n)* este mai rezistent decît un organism haploid *(n)*, căci, cu dubla sa garnitură cromozomică, rezistă mai bine „erorilor" şi „accidentelor" biochimice (în sinteza de proteine, de exemplu) şi genetice (mutaţii, de exemplu), care pot surveni în celulele lor. Starea diploidă dă într-un anumit fel o dublă asigurare şi, „asemenea unui camion care are roţile duble (îngemănate), defectarea uneia din ele nu împiedică vehiculul să continue drumul".

În cele ce urmează vom analiza reproducerea sexuată şi fenomenul alternanţei de generaţii în evoluţia regnului vegetal.

6.2.3. REPRODUCEREA LA THALLOPHYTA

Alge incolore *(Diatomeae)*. La grupa *Centricae* gameţii sînt biflagelaţi. Fecundaţia poate fi izogamie sau heterogamie. La grupa *Pennatae* izogameţii sînt reflagelaţi ; în timpul fecundaţiei unul rămîne fixat în celula cu valoare de gametangiu, iar celălalt devine mobil şi prin mişcări amoeboidale se îndreaptă spre cel dintîi.

Datorită peretelui celular silicificat, diatomeele (în totalitate unicelulare) devin tot mai mici prin înmulţire asexuată ; mărimea lor se restabileşte datorită înmulţirii sexuate. La toate aceste alge ciclul este *haplofazic*, starea diploidă fiind redusă la zigot.

Alge verzi *(Chlorophyta).* 1. *Cladophora* (lîna broaştei). Este o algă verde pluricelulară, al cărei *tal filamentos* formează tufe de cîţiva centimetri lungime. Unele specii trăiesc în ape dulci, altele în mare. Filamentele talului sînt abundent ramificate şi formate dintr-o succesiune de articole plurinucleate, fiecare conţinînd un cromatofor reticulat (ce poartă numeroşi pirenoizi). Organele de reproducere se formează la extremitatea anumitor filamente : conţinutul articolelor fertile se transformă într-un mare număr de elemente reproducătoare biflagelate, puse în libertate prin deschiderea unui por de pe articol.

Talurile, deşi morfologic toate sînt identice, aparţin în realitate la două generaţii (faze) care alternează :

— taluri haploide cu „n“ cromozomi, producătoare de elemente biflagelate de talie mică sau *gameţi,* toţi identici şi susceptibili de a fuziona doi cîte doi pentru a da zigoţi ; însă această fuziune nu poate interveni decît între gameţi provenind de la indivizi diferiţi, ceea ce ne determină să admitem că printre talurile haploide există două sexe, care în absenţa totalei diferenţieri morfologice se notează prin + şi — ;

— taluri diploide cu „2*n*“ cromozomi, producătoare de elemente biflagelate uşor mai mari decît gameţii, care sînt *zoospori ;* ei sînt formaţi tot în articole terminale ale filamentelor, însă de data aceasta în urma meiozei şi deci vor produce taluri haploide.

Aşadar, la *Cladophora* are loc o *alternanţă regulată de generaţii* (faze) de aceeaşi importanţă, numite respectiv haplofază şi diplofază ; un atare ciclu este numit haplodiplofazic. Indivizii haploizi produc gameţi şi sînt, din acest motiv, consideraţi *gametofiţi ;* indivizii diploizi, producători de zoospori, sînt numiţi *sporofiţi.* Gameţii sînt toţi asemănători (izogameţi) şi suferă o fecundaţie, care corespunde începutului fazei sporofitice ; sporii sînt formaţi prin meioză, acest fenomen corespunzînd începutului fazei gametofitice. Fiecare nucleu prezent în sporange se divide în cursul meiozei în 4 nuclei fii, doi+ şi doi — şi astfel zoosporii sînt produşi în grupe de cîte patru, motiv pentru care ei se numesc *tetraspori* (prin acest termen vom distinge zoosporii menţionaţi, de cei de înmulţire vegetativă, care nu sînt formaţi ca urmare a meiozei).

O specie care prezintă în interiorul fazei gametofitice două feluri de tal (+ şi —) este numită *heterotalică.*

2. *Chlamydomonas.* Este o algă verde unicelulară. Reproducerea sexuată este asigurată de gameţi formaţi în acelaşi mod, avînd acelaşi conţinut ca şi celulele adulte sau ca zoosporii, însă dimensiuni mai reduse ; gameţii sînt identici sau diferiţi ca dimensiuni ; în ultimul caz se vorbeşte de o *anizogamie* şi gameţii se pot considera atunci ca ♂ şi ♀. Pe de altă parte, anumite specii sînt heterotalice, adică gameţii proveniţi dintr-un acelaşi individ sau din descendenţii săi nu pot să se fuzioneze şi fecundaţia nu este posibilă decît între suşe de semn diferit. Alte specii sînt homotalice ; sexualitatea, în acest caz, poate apare într-o cultură efectuată plecînd de la un singur individ.

Cei doi gameţi se fecundează, dînd mai întîi o celulă bilobată (păstrînd încă cei 4 flageli), numită *planozigot* sau ou plutitor ; apoi oul pierde flagelii, se rotunjește și în urma meiozei dă naștere la 4 zoospori, fiecare din ei avînd valoare de tetraspori și care la speciile heterotalice cuprind doi spori + și doi spori —. Diplofaza este deci foarte scurtă, redusă la zigot și ciclul, care se desfășoară deci aproape în întregime în haplofază, se zice haplofazic.

3. *Spirogyra.* Este o algă pluricelulară, cu tal filamentos neramificat. Celulele sînt lungi, conţinînd fiecare 1—2 cromatofori spiralaţi. Alga nu formează niciodată elemente flagelate. Ea se poate reproduce pe cale vegetativă, conţinutul unei celule condensîndu-se într-o masă ovoidă care devine spor. Ea poate prezenta însă și un fenomen de fecundaţie : două celule de la filamente vecine diferenţiază fiecare cîte o proeminenţă (un fel de papilă) ; cele două papile cresc, se ating, pereţii în contact se resorb și rezultă un tub de copulaţie, prin care conţinutul unei celule (de la un filament considerat ♂) trece în cea de-a doua celulă (de la un filament considerat ♀) ; are loc contopirea conţinuturilor celor două celule într-o masă ovoidă, numită zigot, care se înconjură cu o pătură celulozică rezistentă (fig. 235). După o perioadă de repaus (adesea corespunzînd sezonului nefavorabil) zigotul germinează, dînd un tal filamentos. Se admite că meioza se produce la germinarea zigotului și ciclul este atunci interpretat ca *haplofazic*. Cît privește fecundaţia, se remarcă : — o ușoară disimetrie de comportament între cele două celule care se fuzionează, un început de dimorfism sexual ce se manifestă printr-o anizogamie de comportament ; lipsa de diferenţiere a gameţilor propriu-ziși : tot conţinutul unei celule somatice (cu valoare de gametange, dar fără diferenţiere particulară) se comportă ca un gamet. Acest proces, pe care-l vom regăsi și la unele ciuperci, este numit *gametangiogamie*.

Alge brune *(Phaeophyta).* 1. *Laminaria.* Este o algă de dimensiuni mari, putînd atinge mai mulţi metri lungime și în general are formă de

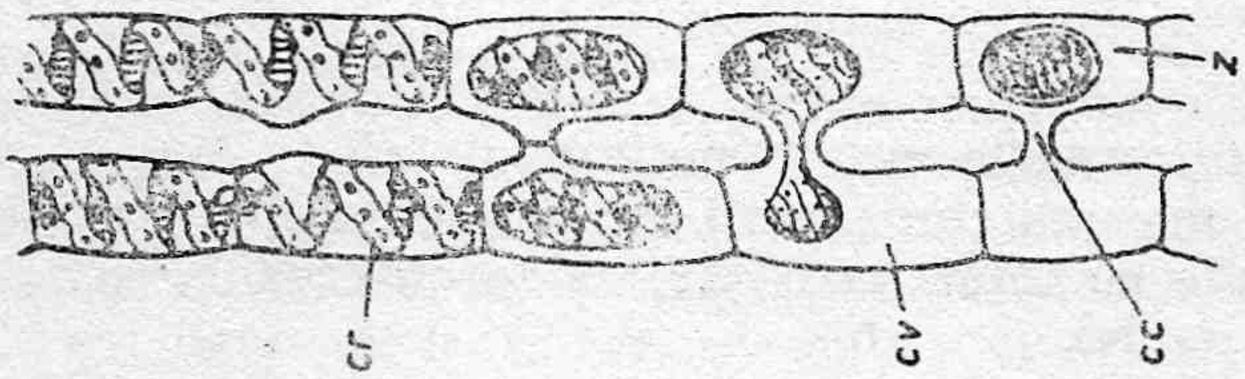


Fig. **235.** Gametangiogamia (copulaţia, izogamă) la *Spirogyra* sp. :
cc — canal de copulaţie; *cr* — cromatofor; *cv* — celule vegetative; *z* — zigot (după Strasburger)

panglică. Talul vizibil corespunde sporofitului ; în anumite puncte de pe suprafaţa sa talul poartă sori, constituiţi din filamente veziculoase care sînt sporangi și care sînt protejaţi de filamente sterile mai lungi, numite parafize. Tetrasporii (zoosporii), născuţi în urma meiozei, vor da prin germinare o generaţie gametofitică de talie foarte mică, ale cărei tal uri sînt reduse la filamente scurte microscopice (protale). Există două feluri de protale (gametofiţi) : mascule, ce produc elemente biflagelate și femele, ce nu produc elemente mobile, dar celulele lor terminale sînt fecundate de gameţii ♂ ; în felul acesta rezultă un zigot pe protalul ♀, din care se va dezvolta un „embrion“ care mai tîrziu se detașează, se fixează de stîncă și produce un nou tal de *Laminaria* (fig. 236). Ciclul este de tip haplo-diplofazic, cu una din faze (haplofaza) foarte redusă (deci ciclul

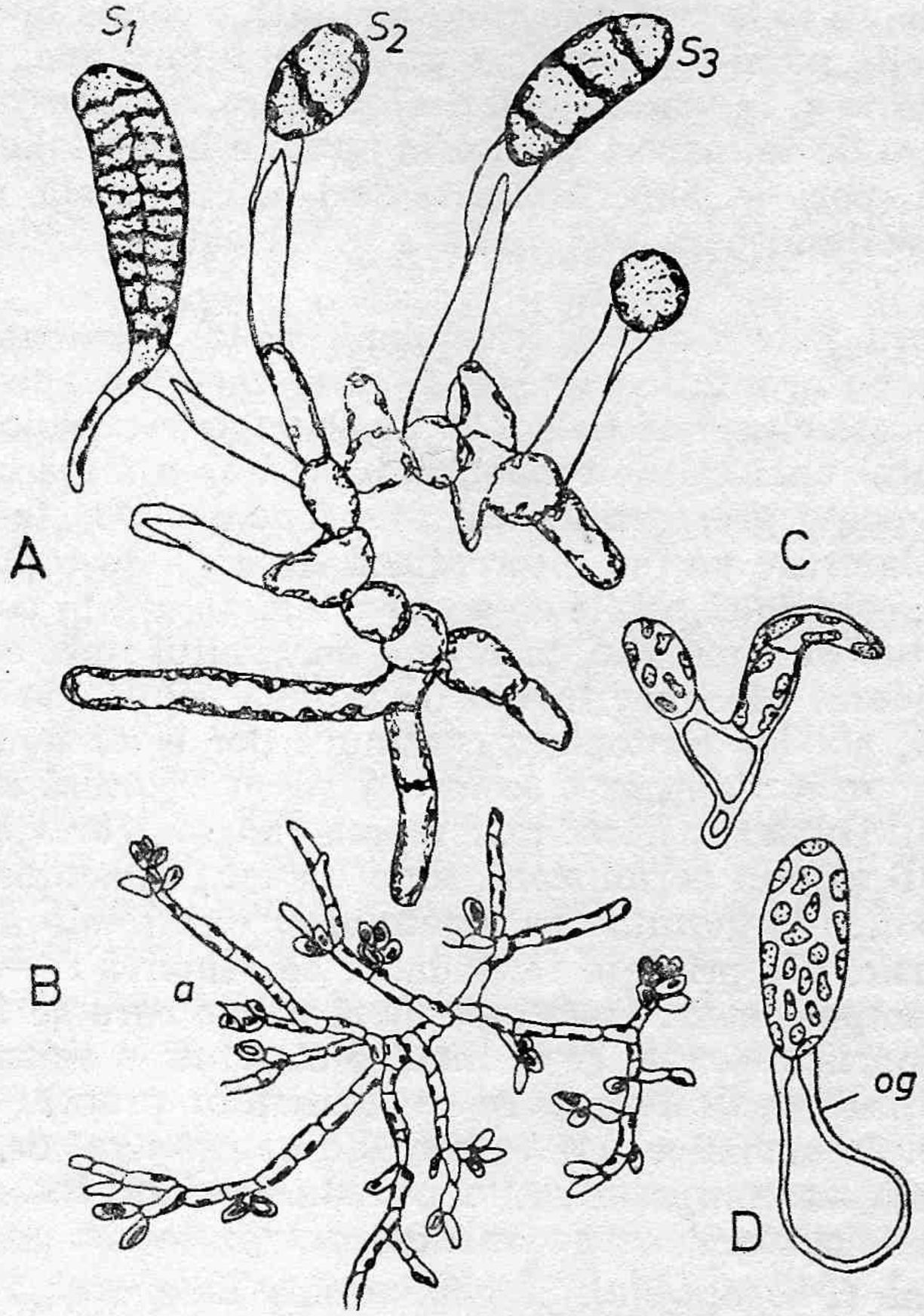


Fig. 236. Ciclul evolutiv la *Laminaria* sp. :
A — gametofitul femel; *B* — gametofitul mascul; *C, D* — gametofitul femel redus; *a* — anteridie; *og* — oogon; s_1—s_3 — sporofit tînăr (după Strasburger).

este aproape monogenetic-haplofazic). Fecundaţia este anizogamă (gameţii masculi sînt mobili, cei femeli imobili), numită *oogamie* (tip de fecundaţie corespunzînd celei ce se observă la toate plantele superioare și la animale).

2. *Fucus* (fig. 237). Este o algă de cîţiva decimetri, cu tal aplatizat în lame ramificate dichotomic, avînd o structură mult mai diferenţiată decît la *Laminaria :* se schiţează unele „ţesuturi“ și „zone anatomice“. Extremităţile umflat-granuloase ale ramificaţiilor talului se numesc *receptacule* și conţin organele de reproducere. În receptacul sînt mai multe cavităţi, din care fiecare (numită conceptacul) conţine filamente reproducătoare, între care se află filamente sterile sau parafize. Aceste conceptacule sînt de două feluri : ♂ (de culoare oranj, conţinînd tufe de peri din care unele articole sînt gametangi — *anteridii* (spermangii), în care în urma meiozei se formează *anteroizii* biflagelaţi) și ♀ (de culoare verde, conţinînd parafize și filamente scurte, care sînt gametangi-*oogoane*, în interiorul cărora se diferenţiază în urma meiozei 8 celule sferice, imobile, numite *oosfere*). Filamentele purtătoare de anteridii (spermangii) și oo-

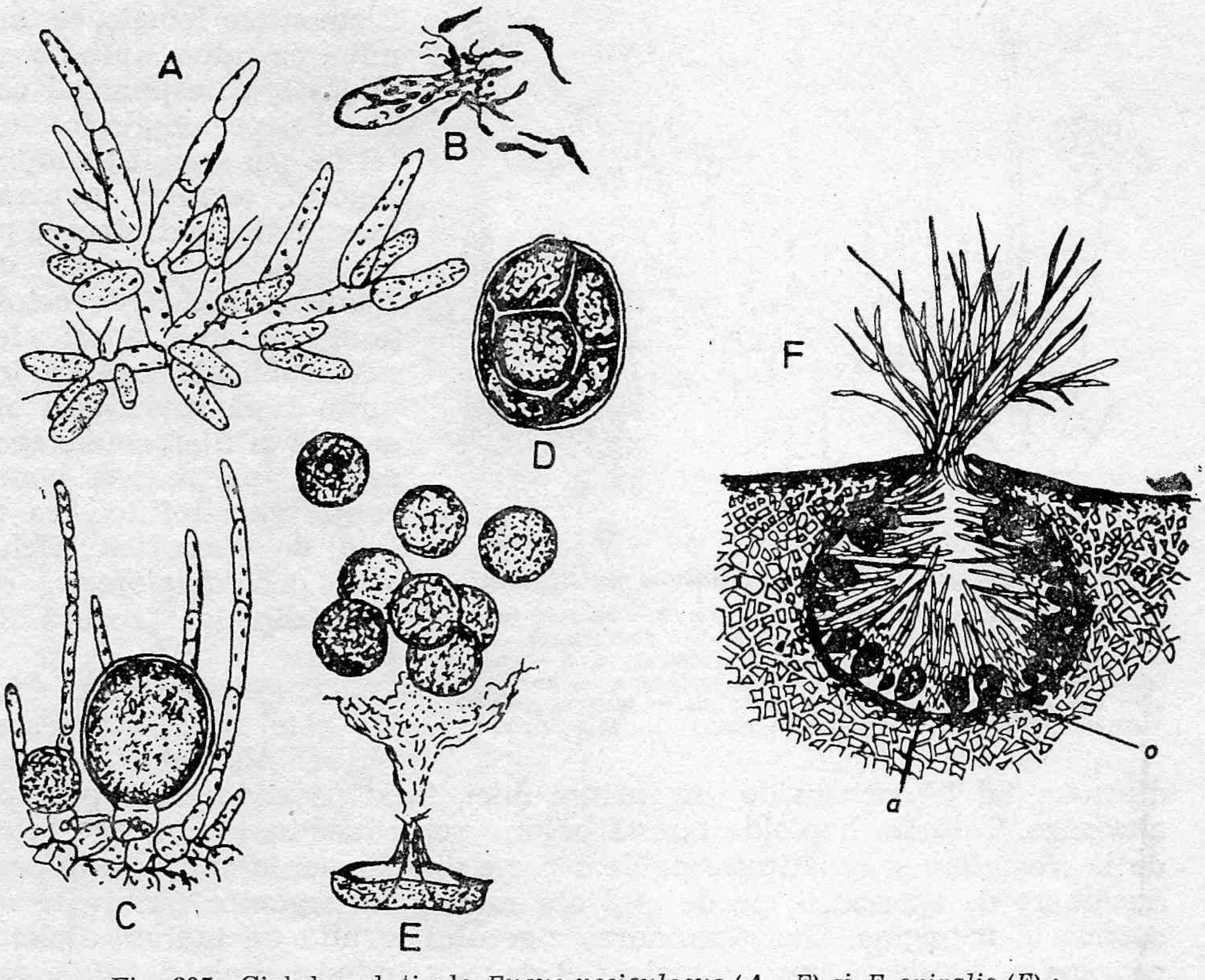


Fig. 237. Ciclul evolutiv la *Fucus vesiculosus* (*A—E*) şi *F. spiralis* (*F*) :
A — o reuniune de anteridii; *B* — anteridie care se goleşte; *C* — oogoane tinere; *D* — opt oosfere reunite după ieşirea lor din peretele oogonului; *E* — eliminarea oosferelor; *F* — conceptacul cu numeroase oogoane mature şi un mănunchi de anteridii; *a* — anteridie; *o* — oogon (după S t r a s b u r g e r).

goane se rup la bază şi sînt puse în libertate prin orificiile conceptaculelor ; ruperea pereţilor gametangilor pune gameţii în libertate ; gameţii ♂ (anterozoizii) sînt atraşi de oosfere, în jurul cărora înnoată cîtva timp, pînă ce unul din ei pătrunde în oosferă şi realizează fecundaţia. Merită subliniat faptul că această fecundaţie da la *Fucus*, semnalată şi descrisă de către algologul T h u r e t acum mai bine de un secol, reprezintă primul caz de fecundaţie care a fost descris la plante.

Meioza se produce în interiorul gametangilor, încît *haplofaza* începe cu eliberarea gameţilor şi se termină aproape în acelaşi timp cu fecundaţia, deci este extrem de scurtă. Ciclul este deci *monogenetic-diplofazic*. Există specii monoice (conceptaculele celor 2 sexe sînt produse pe acelaşi individ) sau dioice (conceptaculele de sexe diferite se află pe indivizi diferiţi).

Alge roşii *(Rhodophyta)*. 1. *Nemalion* (fig. 238). Are tal de cîţiva decimetri lungime şi ramificat. Unele ramificaţii (ramuscule) poartă organe mascule constituite din „buchete“ de celule numite anteridii, fiecare din ele emiţînd un gamet ♂ sferic, imobil (spermatie) ; celelalte,

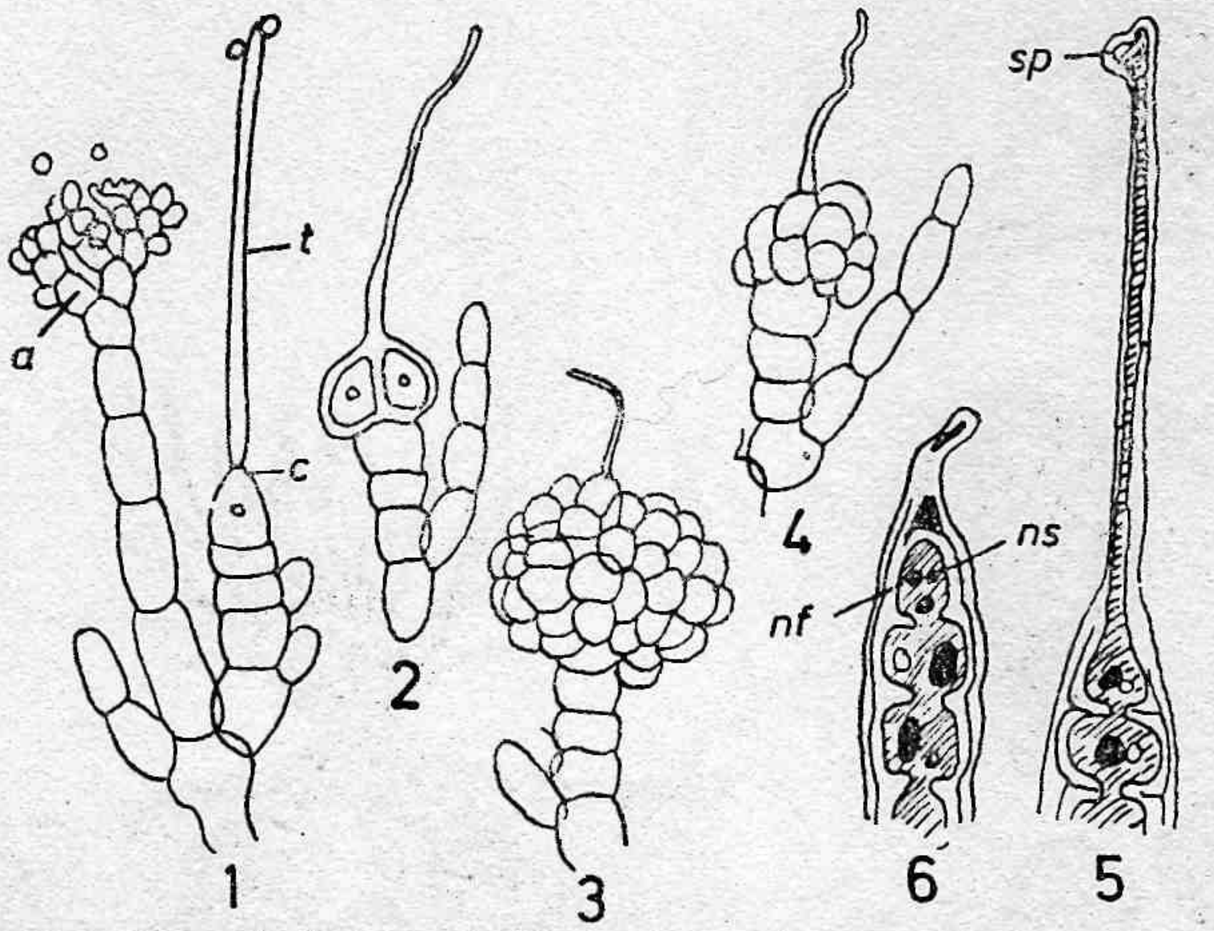


Fig. 238. Ciclul evolutiv la *Nemalion multifidum* ·
1 — ramură cu anteridii și cu carpogon; *2* — oosfera fecundată s-a împărțit în două celule; *3, 4* — dezvoltarea cistocarpului prin diviziuni repetate ale oosferei; *5, 6* — contopirea nucleului mascul cu nucleul femel; *a* — anteridie; *c* — carpogon; *nf* — nucleul femel; *ns* — nucleul mascul; *sp* — spermatii; *t* — trichogin (după I. Morariu).

filamentele femele, se termină cu celule avînd baza umflată, corespunzînd oosferei și prelungite într-un fel de păr numit *trihogin*. Zigotul, rezultat în urma fecundației, germinează pe loc și dă un „buchet" de filamente ale căror celule terminale emit *spori* sferici imobili. Meioza are loc puțin după diviziunea zigotului și filamentele sporogene aparțin deci generației gametofitice, ca și talul de *Nemalion*; ciclul este deci *haplofazic*, cu faza diploidă redusă la zigot.

2. *Polysiphonia*. Ciclul este mult mai complicat. Alga este formată dintr-un tal filamentos de dimensiuni mici, fixat pe stînci sau epifit pe alte alge. Talurile haploide poartă organe reproducătoare analoage celor de la *Nemalion* și constituite pe de o parte din filamente anteridiene producătoare de spermatii, pe de altă din ramuri carpogonice terminate cu oosfere și trihogine. Din germinarea zigotului rezultă un individ diploid, pe care se formează spori diploizi; ei dau tot indivizi diploizi, unele din celulele lor suferind meioza și deci rezultînd *tetraspori* haploizi care reproduc talurile haploide. Așadar, la *Polysiphonia* ciclul este *haplodiplofazic*. Prin separarea diplofazei în două taluri succesive, rezultă o alternanță de trei generații.

La toate algele roșii, fecundația se produce între gameți imobili, cei masculi fiind conduși pînă la cei femeli prin trihogin (analog tubului polenic de la spermatofite).

Ciuperci *(Mycophyta)* (fig. 239). 1 *Mucor mucedo* (mucegaiul alb) *(Phycomycetes)*. Are tal filamentos cenocitic, ce se dezvoltă saprofitic pe suprafața materiilor amidonoase. Aceste taluri sînt haploide și comportă două sexe, morfologic însă nedeosebindu-se : + și —. Înmulțirea vegetativă este asigurată de sporangi ce se formează la extremitatea unor filamente verticale pe miceliu ; ei produc spori plurinucleați. Înmulțirea sexuată se face prin contactul a două hife care emit fiecare cîte un articol plurinucleat cu valoare de gametange ; din fuziunea celor doi gametangi rezultă un *cenozigot* cu numeroși nuclei diploizi ; nucleii degenerează, în afară de unul dintre ei și zigotul (înconjurat de un perete îngroșat) trece la viața latentă ; la germinare, nucleul său suferă meioza și apoi alte numeroase diviziuni, dînd nuclei haploizi, fiecare din ei fiind originea formării, în sporange, a unui spor haploid uninucleat. Fecundația este o gametangiogamie, adică fuzionează global doi gametangi plurinucleați, fără a se individualiza gameții.

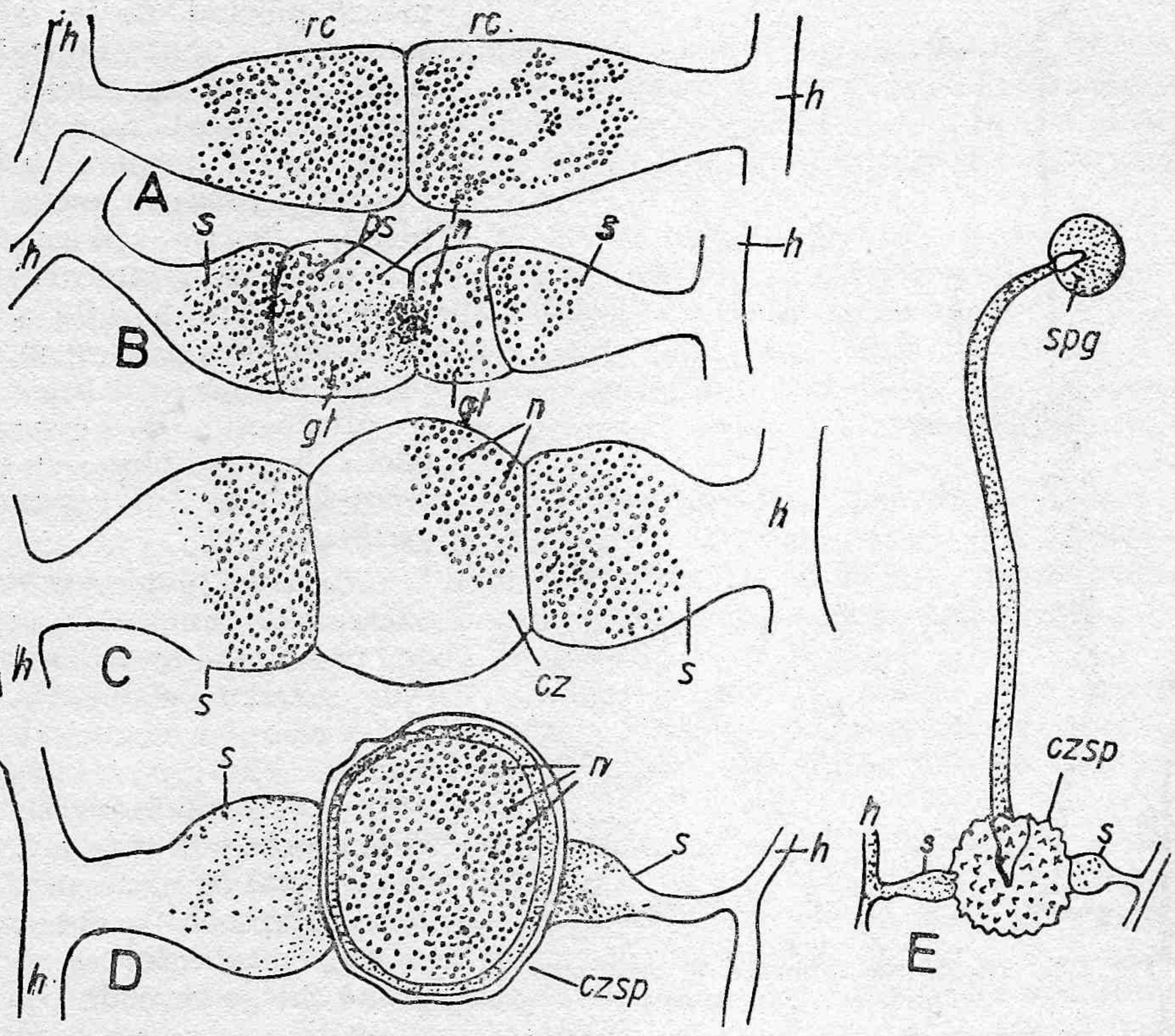


Fig. 239. Gametangiogamia la *Sporodinia grandis* (*A—D*) și *Mucor mucedo* (*E* — zigospor germinat, cu sporangiofor) :

cz — cenozigot; *czsp* — cenozigospor; *gt* — gametange; *h* — hifă; *n* — nuclei; *ps* — perete al gametangelui; *rc* — ram de copulație; *s* — suspensor; *spg* — sporange (după S t r a s b u r g e r).

Ciuperca este heterotalică, fiecare din cele două taluri producînd gametangi numai de un sex. Reproducerea de la *Mucor* este deci caracterizată printr-un ciclu *haplofazic* și printr-un heterotalism.

2. *Psaliota campestris* (ciuperca de cîmp) *(Basidiomycetes).* Este o ciupercă saprofită, ce prezintă în sol un miceliu peren, de pe care se formează carpoforii, diferențiați în pălărie și picior. Fața inferioară a pălăriei conține multe lame radiare, a căror suprafață este tapisată de un țesut fertil sau himeniu, format din celule sterile și bazidii, fiecare din acestea din urmă producînd la extremitate 4 bazidiospori (spori exogeni).

Sporii germinează și dau un miceliu primar, cu celule haploide, capabile să se reproducă pe cale vegetativă prin conidii. Fecundația intervine între două celule banale, fără vreo diferențiere specială de la două taluri diferite (cel puțin la speciile heterotalice). Această fuziune de celule pur vegetative se numește *somatogamie*. În urma acestui proces, ce are loc în numeroase puncte ale talului, se formează filamente cu dicarioni, care constituie talul secundar : acesta constituie în totalitate carpoforul (piciorul și pălăria) și filamentele lui dau naștere la bazidii. O bazidie se for-

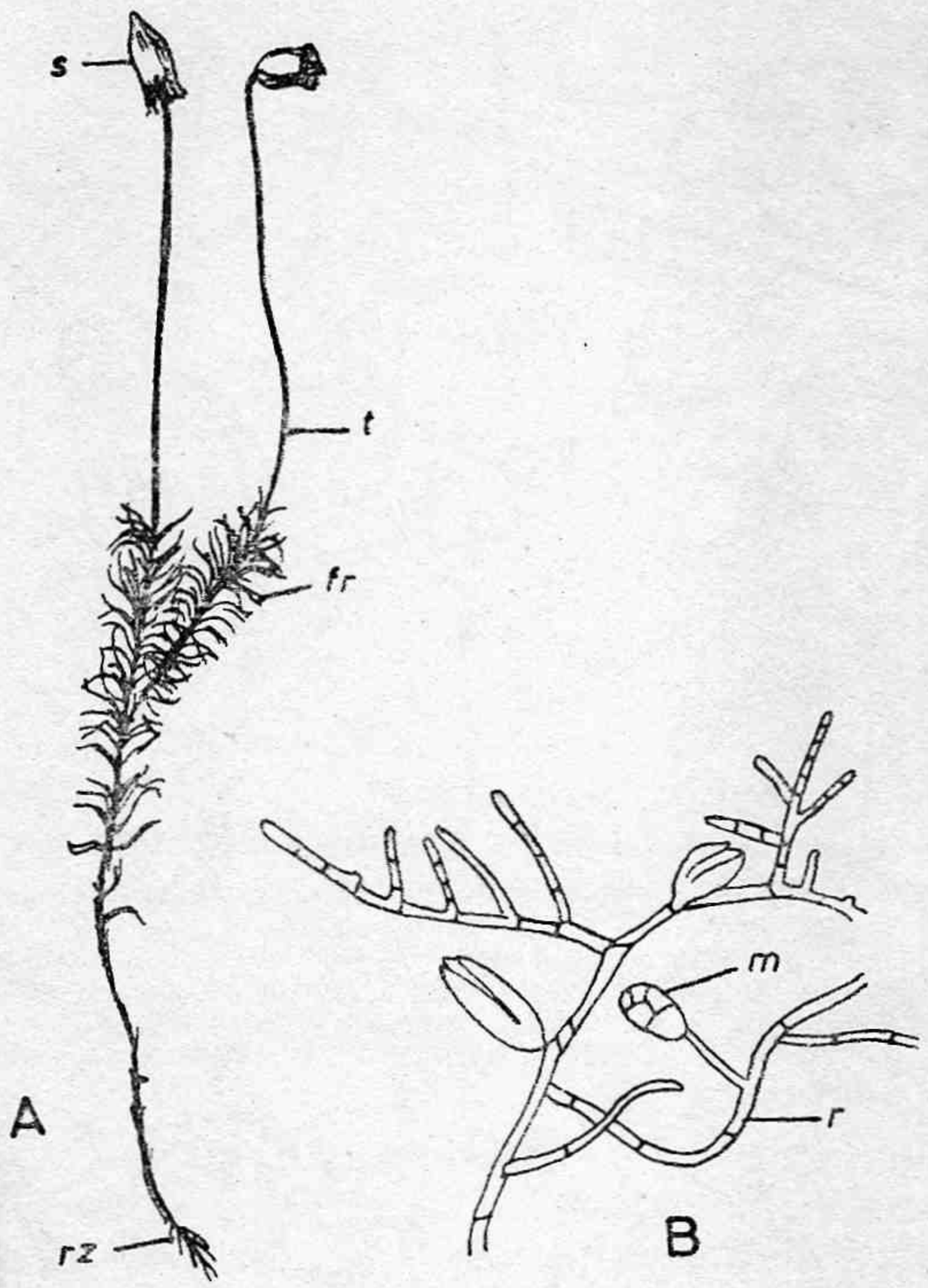


Fig. 240. Alcătuirea aparatului vegetativ la *Polytrichum commune* :
A — un individ; *B* — protonemă; *fr* — frunzuliță; *m* — mugur; *r* — ramuri; *rz* — rizoizi; *s* — scufie; *t* — tulpiniță (*A* : după Strasburger; *B* : după Mevius).

mează plecînd de la celula terminală a unui filament cu dicarioni : cei doi nuclei fuzionează, apoi nucleul diploid astfel format suferă meioza și produce nuclei haploizi, fiecare pătrunzînd într-o veziculă apicală formată de către bazidie și dă, în sfîrșit, un bazidiospor haploid. Așadar, aici intervine o alternanță de generații (ciclu haplo-diplofazic) și o fecundație de tipul somatogamiei.

Mușchi *(Byophyta). Polytrichum commune* (mușchi de pămînt). Acest mușchi este unisexuat-dioic. Un individ complet dezvoltat cuprinde două părți (figura 240) : tulpinițele verzi, foliate, grupate în tufe și fixate de substrat cu ajutorul rizoizilor (cormoidul), corespunzînd *gametofitului* și sporogoane (în general de culoare roz-gălbuie), corespunzînd *sporofitului* și formate dintr-o capsulă sporiferă purtată la extremitatea unei sete. Mușchiul prezintă astfel o alternanță de generații, însă cele două faze succesive rămîn în relație fiziologică strînsă și sporofitul se dezvoltă pe gametofit, grefat într-un anumit fel pe el.

Capsula sporiferă (formată din urnă și opercul) conține diverse țesuturi ce aparțin generației diploide și un sac sporifer (cu țesut sporogen) ale cărui celule suferă meioza și dau fiecare cîte 4 tetraspori haploizi ; la maturitate, pereții celulelor-mame se resorb, ca și țesuturile din vîrful capsulei și sporii puși în libertate cad pe sol. Ei germinează, dînd mai întîi un tal filamentos numit *protonemă,* formată din celule alungite, cu numeroase cloroplaste ; apoi această protonemă diferențiază muguri, care sînt originea tulpinițelor foliate și care se fixează de sol prin rizoizi.

Tulpinițele foliate produc, la rîndul lor, *organe sexuale* localizate pe extremitatea lor lărgită în formă de platou și înconjurată de un involucru de frunze brune : ele sînt de două feluri : unele producînd gametangi ♂ sau anteridii și altele gametangi ♀ sau arhegoane. Ambele feluri de gametangi sînt organe pluricelulare, protejate la exterior de un perete pluricelular, unistratificat.

Anteridiile sînt organe oval-alungite, prelungite într-un pedicel, separate între ele de peri protectori cu extremitatea umflată, numiți para-

fize. În interiorul anteridiei se găseşte un ţesut fertil, compus din spermatide ; fiecare din ele produce un *spermatozoid* filiform, învîrtit în spirală, cu 2 flageli la capătul subţire. Deschiderea anteridiei se face la vîrf şi astfel spermatozoizii sînt eliberaţi, înotînd printr-o picătură de apă (rouă sau ploaie) pînă la arhegon.

Arhegoanele sînt organe în formă de butelie, formate dintr-o parte bazală, umflată şi un gît (partea superioară) îngust. Arhegoanele se inseră pe tulpiniţă prin intermediul unui pedicel scurt. În partea umflată a arhegonului se formează o *oosferă* (gametul femel) şi o celulă superioară. Celulele gîtului se vor gelifica (în urma autolizei) ; substanţa mucilaginoasă rezultată conţine zaharoză, ce are proprietatea de a atrage spermatozoizii prin chimiotactism.

Fecundaţia are loc în arhegon, zigotul rezultat fiind diploid ; acesta germinează în arhegon, dînd un „embrion" care se va hrăni din tulpiniţa-mamă (prin intermediul unui haustor piriform) şi se va transforma treptat în sporogon ; în timpul creşterii sporogonului, parte din arhegon este ruptă şi purtată de capsulă sub forma unei scufii.

Viaţa sporogonului, de la fecundaţie pînă la formarea sporilor (în urma meiozei), nu durează decît cîteva luni, iar multe specii de *Musci* şi *Hepaticae* nu „fructifică" decît rar sau deloc, înmulţirea făcîndu-se atunci pe cale vegetativă.

Din cele două generaţii ce alternează, sporofitul este deci de durată mai scurtă, avînd uneori chiar o existenţă facultativă ; gametofitul, dimpotrivă, este predominant şi constituie masa principală de materie vegetală. Ciclul este *haplo-diplofazic*, cu predominanţa haplofazei (doar la *Buxbaumia* gametofitul este anormal redus). Aşadar, gametofitul este autotrof şi durabil, iar sporofitul este „parazit" şi de durată mai scurtă. Aceste particularităţi ale ciclului la *Bryophyta* au pecetluit perspectivele filogenetice ale acestui grup de plante ; ele nu au mai putut da naştere la grupe mai evoluate ; faţă de arborele filogenetic ele au rămas ca un ram lateral cu evoluţia încheiată.

6.2.4. REPRODUCEREA LA PTERIDOPHYTA

Această încrengătură, care nu mai este în natura actuală decît un rest sărăcit al unui ansamblu altădată imens (care reprezintă esenţialul florei carbonifere), cuprinde mai ales ferigile şi cîteva grupe de mai mică importanţă, însă foarte interesante din punct de vedere teoretic, deoarece ele ne permit să stabilim trecerea de la reproducerea de tip briofit la aceea a plantelor cu seminţe.

1. *Polypodium vulgare* (feriguţa dulce). Din punct de vedere teoretic ciclul se poate suprapune peste acela al muşchilor, însă trebuie atenţie pentru a stabili cu grijă homologiile între diferitele părţi.

În descrierea ciclului vom porni de la *plantula* de ferigă, care nu cuprinde decît un început de frunză şi cîteva rădăcini, ce se dezvoltă pe o lamă verde, de cîţiva milimetri, situată chiar pe sol şi numită *protal ;* acest protal este echivalent cu muşchiul foliat (adică cu gametofitul) şi tînăra plantă de ferigă (plantula), cu un sporofit foarte tînăr, adică cu un

sporogon de mușchi la începutul dezvoltării sale. Ca și la mușchi, generația diploidă este grefată pe generația haploidă și trăiește fiziologic dependent de ea. Dar, în timp ce la mușchi și plantele învecinate, sporogonul nu are decît o existență temporară și gametofitul, sau individul foliat, reprezintă partea durabilă a plantei, aici la ferigi totul este invers ; protalul se usucă repede (după cîteva săptămîni), în timp ce sporofitul se înrădăcinează, se mărește și devine feriga propriu-zisă. Cînd feriga ajunge la maturitate, frunzele formează la fața inferioară a limbului lor, de o parte și de alta a nervurii foliolelor, pungi (mai întîi galbene, apoi brune) care sînt *sorii* de sporangi. Fiecare *sporange*, purtat de un peduncul, este constituit dintr-un perete unistratificat, reprezentat printr-un inel mecanic incomplet, a cărui contracție sub efectul uscăciunii provoacă ruperea și deschiderea sporangelui, printr-un mecanism analog celui cunoscut la deschiderea sacilor polenici ai unei stamine. Partea internă a sporangelui este un țesut fertil ale cărui celule suferă meioza și dau naștere la 120 spori haploizi, asemănători ca formă și mărime (deci izospori) echivalenți cu tetrasporii, cu care începe generația gametofitică. Aceasta este constituită dintr-un protal, limb clorofilian de dimensiuni mici, fixat de sol prin filamente pluricelulare uniseriate numite rizoizi. Protalul formează pe fața sa inferioară organe sexuale : anteridii, ce vor produce numeroși spermatozoizi și arhegoane, ce vor produce fiecare cîte o oosferă. Fecundația se face ca și la mușchi, rezultînd un zigot diploid din a cărui germinare va rezulta embrionul, care se dezvoltă rapid într-o ferigă tînără, înrădăcinată.

La ferigi ciclul este tot *haplo-diplofazic*, dar spre deosebire de mușchi, aici predomină faza diploidă. Feriga analizată este homotalică, anteridiile și arhegoanele formîndu-se întotdeauna pe aceleași protale.

2. *Selaginella helvetica* (fig. 241). Este o ferigă mică, de locuri umede, cu frunze sterile, asimilatoare, numite trofofile și frunze fertile, neasimilatoare, numite sporofile ; acestea din urmă se află grupate într-un spic sporifer, la vîrful tulpinii. Sporofilele dinspre vîrful spicului produc microsporangi, ce dau naștere (în urma meiozei) la 64 microspori haploizi. Sporofilele dinspre baza spicului produc macrosporangi, cu o celulă mamă ce formează (în urma meiozei) 4 macrospori haploizi. Cu formarea sporilor se încheie faza sporofitică și începe faza gametofitică.

Microsporul dă microprotalul, ce conține două celule inegale ; una mare (anteridia) și una mică (vegetativă, protaliană). Anteridia va da 2—4 spermatocite, fiecare din ele devenind un spermatozoid. Macrosporul dă macroprotalul (ce rămîne închis în spor) și conține : un țesut clorofilian (periferic), un țesut neclorofilian (profund), cu materii de rezervă și arhegoane la suprafață.

Așadar, din germinarea sporilor rezultă protale de două feluri, microprotale și macroprotale, producînd respectiv anteridii și arhegoane, dar aceste protale sînt foarte mici și rămîn în mare parte incluse în peretele sporului ; ele nu cuprind decît cîteva celule anteridiale și cîteva arhegoane. Frecvent, dezvoltarea protalului începe devreme, cînd sporul este încă conținut în sporange ; acesta este fenomenul de endoprotalie, a cărui importanță o vom vedea studiind plantele cu sămînță. La cîteva specii protalele sînt mature chiar în momentul cînd sporangii se deschid ; în cazul acesta nu avem de-a face cu spori, ci cu spermatozoizi pe care îi eli-

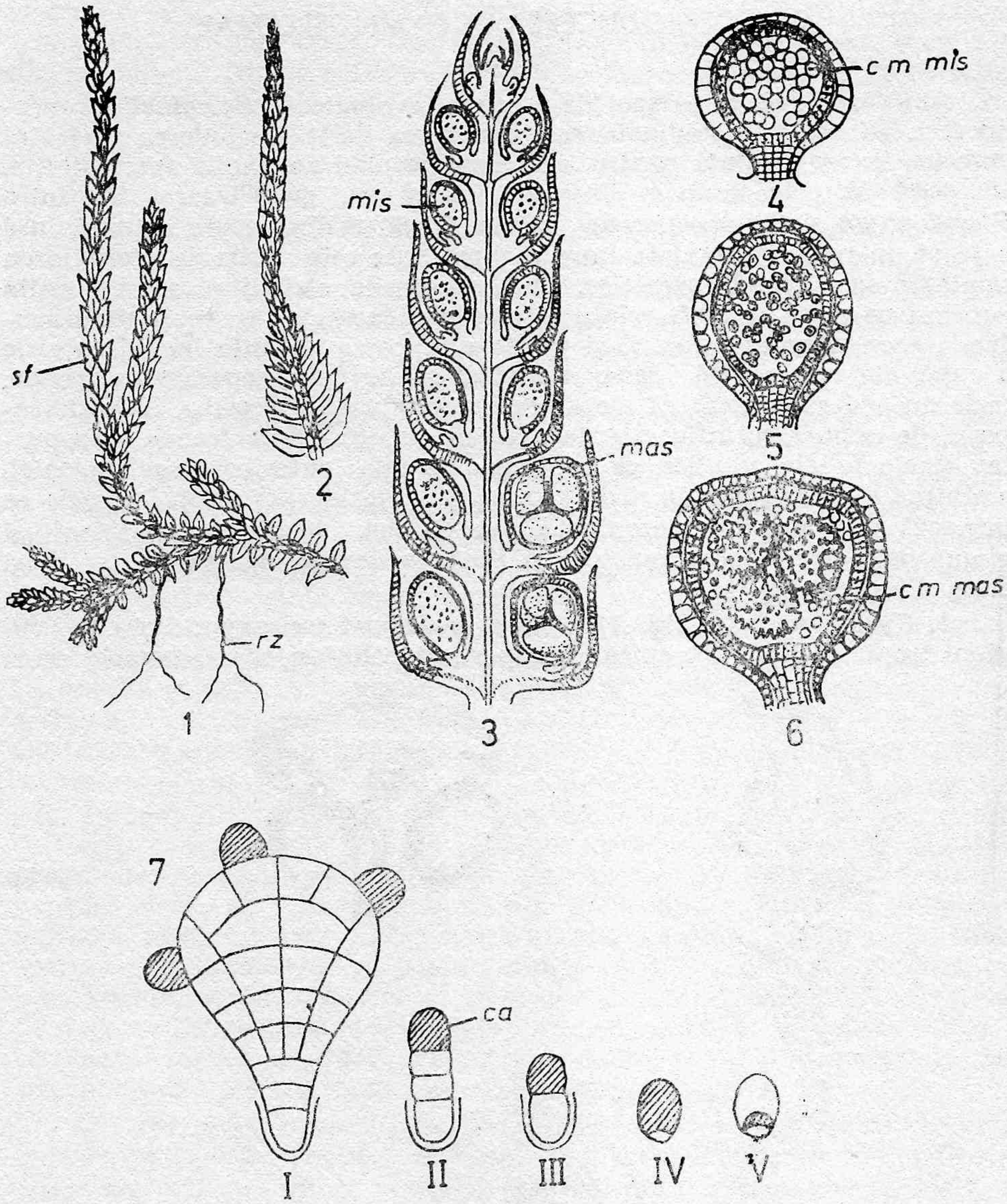


Fig. 241. Ciclul evolutiv la *Selaginella helvetica* :

1 — habitusul plantei; *2* — spiculeț cu numeroase sporofile la *S. inaequalifolia*; *3* — spiculeț văzut în secțiune longitudinală, cu microsporofile și macrosporofile; *4, 5* — microsporange secționat longitudinal; *6* — macrosporange secționat longitudinal; *7* — scheme arătînd formarea microprotalului și a plantulei; *ca* — celule anteridiale; *c m mas* — celule mame macrosporale; *c m mis* — celule mame microsporale; *mas* — macrosporofil; *mis* — microsporofil; *rz* — rizoizi; *sf* — sporofil (după T r o l l).

berează microsporangii și fecundația oosferelor are loc în interiorul aceluiași spic sporifer, ca și dezvoltarea tînărului embrion, astfel că planta pare a fi „vivipară“ și lasă deja să apară în spic primele frunze ale indivizilor tineri din generația următoare. Reproducerea acestor specii „vivipare“ de *Selaginella* este extrem de evoluată.

6.2.5. REPRODUCEREA LA GYMNOSPERMAE

Am văzut deja că la speciile cele mai evoluate de *Selaginella*, reproducerea atinsese un stadiu în care nu lipsea decît includerea tînărului embrion într-o sămînţă pentru a da naştere unei veritabile spermatofite. Or, acest caz este precis realizat sub forma unui grup intermediar între *Pteridophyta* şi *Gymnospermae*, care a dispărut din natura actuală, însă a jucat un rol important în flora carboniferă ; este vorba de „ferigile cu sămînţă“ sau *Pteridospermales*. Resturile fosile atribuite acestui ordin cuprind pe de o parte fronde de tip filicin, care au fost mult timp confundate cu adevărate ferigi, şi pe de altă parte seminţe înconjurate de o cupă, dar care multă vreme n-au fost găsite decît separate de fronde, încît nu apărea evident că ele ar fi fost produse de acestea. S-au descoperit, de asemenea, inflorescenţe mascule sub formă de fronde care purtau unele foliole ascuţite, ce conţineau la faţa inferioară saci polenici, amintind de solzii purtători de sporangi ai pteridospermelor. În cele ce urmează vom prezenta înmulţirea doar la doi reprezentanţi actuali ai gimnospermelor : *Cycas revoluta* şi *Pinus silvestris*, aparţinînd la două clase diferite.

1. *Cycas revoluta* (fig. 242). Este un arbust unisexuat-dioic de regiuni tropicale sau subtropicale, cu port de palmieri, avînd trunchi scurt

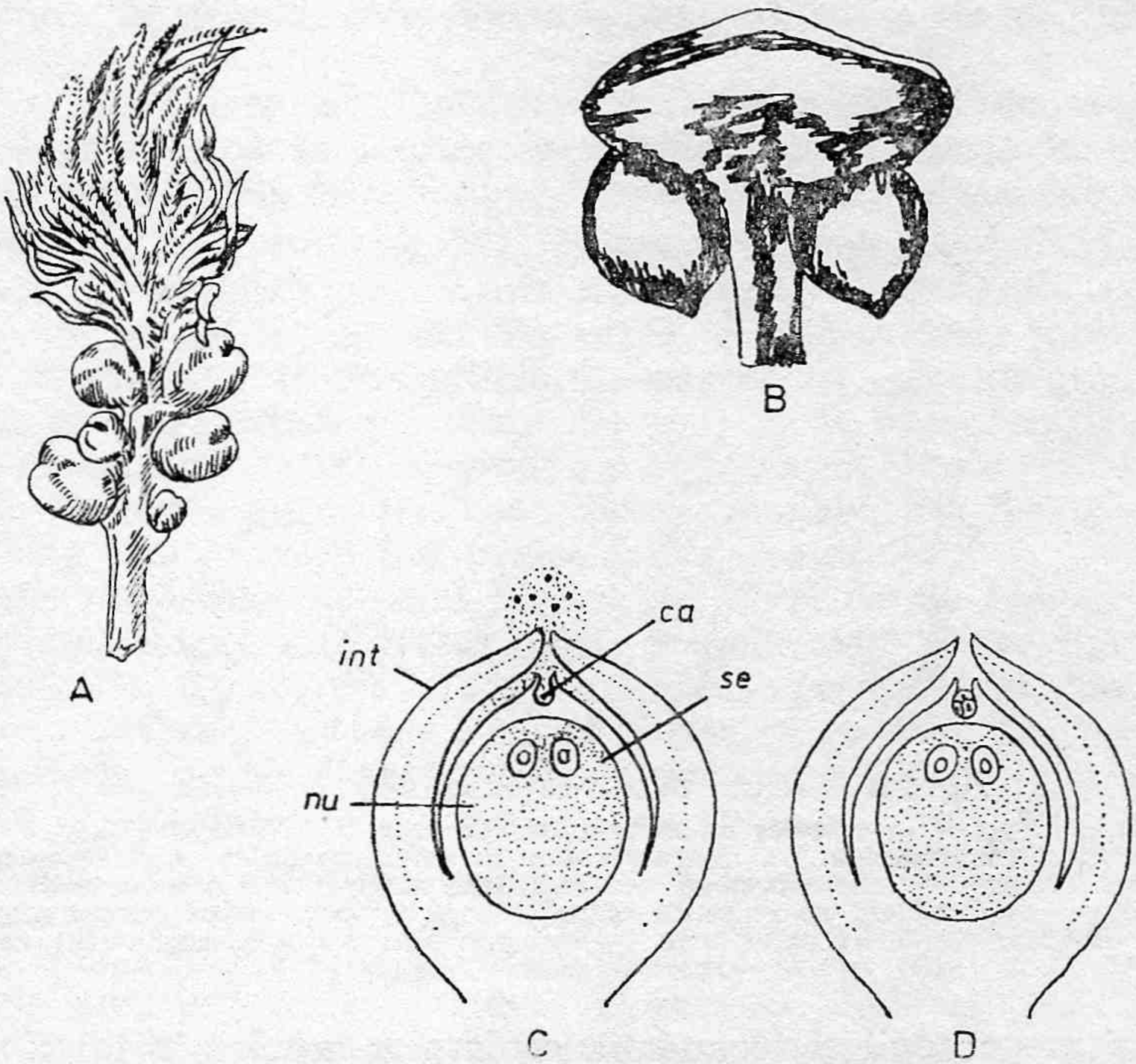


Fig. 242. Ciclul evolutiv la *Cycas revoluta* (*A*) şi *Zamia skinneri* (*B*) : sînt vizibile macrosporofilele cu ovule; *C* — ovul cu grăuncioare de polen într-un strop (lichid) de fecundaţie, în regiunea micropilară; *D* — ovul după ce stropul de fecundaţie a dispărut, ajungînd în partea apicală a nucelei; *ca* — cameră polenică; *int* — integument; *nu* — nucelă; *se* — sac embrionar (*A*, *B* : după S t r a s b u r g e r; *C*, *D* : după T r o l l).

și frunze lungi, penate. Indivizii masculi produc în centrul coroanei de frunze un con lung, erect, asemănător unui con lung de *Pinus*, constituit din numeroase frunze solziforme (stamine mai mult sau mai puțin foliacee), ce poartă pe fața inferioară mici și numeroși saci polenici (microsporangi), în care în urma meiozei se formează un praf galben numit polen, alcătuit din numeroși microspori sau grăuncioare de polen ; acestea vor fi eliberate printr-o fantă longitudinală a fiecărui sac polenic.

Indivizii femeli poartă la vîrful lor, în centrul buchetului de frunze vegetative, o tufă de frunze fertile, cu limb redus, a căror peţiol poartă organe de culoare roșie numite *ovule*. Morfologia aparatului ovulifer este destul de variabilă după genurile la care ne referim : la o parte dintre ele este vorba de un buchet de frunze ovulifere *(Cycas)*, la altele *(Zamia)* de un con femel analog conului staminal.

Ovulul de *Cycas* este protejat de un *integument* extern cărnos (avînd în partea sa mediană o pătură de celule scleroase) ; în interior se află o *nucelă*, a cărei parte centrală este *endospermul*. Fasciculele conducătoare parcurg integumentul și baza nucelei ; aceasta din urmă este ușor dezlipită de integument către vîrful ovulului, rezultînd sub micropil o *cameră polenică*, în care va fi „primit“ polenul. Endospermul este un țesut deosebit, derivînd dintr-o celulă care a suferit meioza ; el conţine rezerve nutritive și închide la partea sa superioară 2—3 *oosfere* mari ; endospermul acesta haploid este omolog sacului embrionar de la *Angiospermae*. Autorii englezi și germani numesc endosperm albumenul angiospermelor ; în acest caz vom spune că endospermul de la *Gymnospermae* este primar. Oosfera are uneori nucleu foarte mare (de ex. 500 microni la *Dioon edule)*.

Grăunciorul de polen tînăr are un perete cutinizat, o citoplasmă bogată în materii carotenoide și un nucleu voluminos ; acesta se divide curînd și grăunciorul de polen matur conţine 3—4 celule : 1—2 celule protaliene, celula gametogenă și celula vegetativă. Grăuncioarele de polen diseminate de vînt cad pe ovule și unele din ele pătrund în camera polenică, în care partea superioară a nucelei s-a resorbit, dezgolind endospermul ; grăuncioarele de polen germinează și dau un tub (datorită celulei vegetative) care se fixează prin una din extremităţile sale în pereţii nucelei, iar cealaltă extremitate, umflată, este sediul formării a 2 corpusculi piriformi, ciliaţi, care sînt gameţii masculi (anterozoizi sau spermatozoizi) plecînd de la nucleul celulei gametogene.

Din celule ale nucelei rezultă un lichid în camera polenică ; în el se deplasează gameţii mobili și ajung la gîtul arhegoanelor ce conţin fiecare cîte o oosferă. La oosferă pot pătrunde mai mulţi spermatozoizi, încît se poate admite polispermia, însă nu are loc poliembrionia. Unul din cei doi gameţi fecundează oosfera și zigotul diploid format este punctul de plecare al embrionului. Așadar, tubul format la germinarea grăuncioarelor de polen nu are rolul de a conduce gameţii, ci este un fel de crampon sugător, fixînd gametofitul de nucelă.

2. *Pinus silvestris* (fig. 243). Este tipul reprezentativ al clasei *Coniferae*, care corespunde grupului cel mai important al gimnospermelor (în jur de 9/10 din reprezentanţii lor în natura actuală). Pinul este un arbore unisexuat-monoic, avînd pe același individ atît organele reproducătoare ♂, cît și cele ♀, grupate în conuri (de unde denumirea de *Coniferae)*.

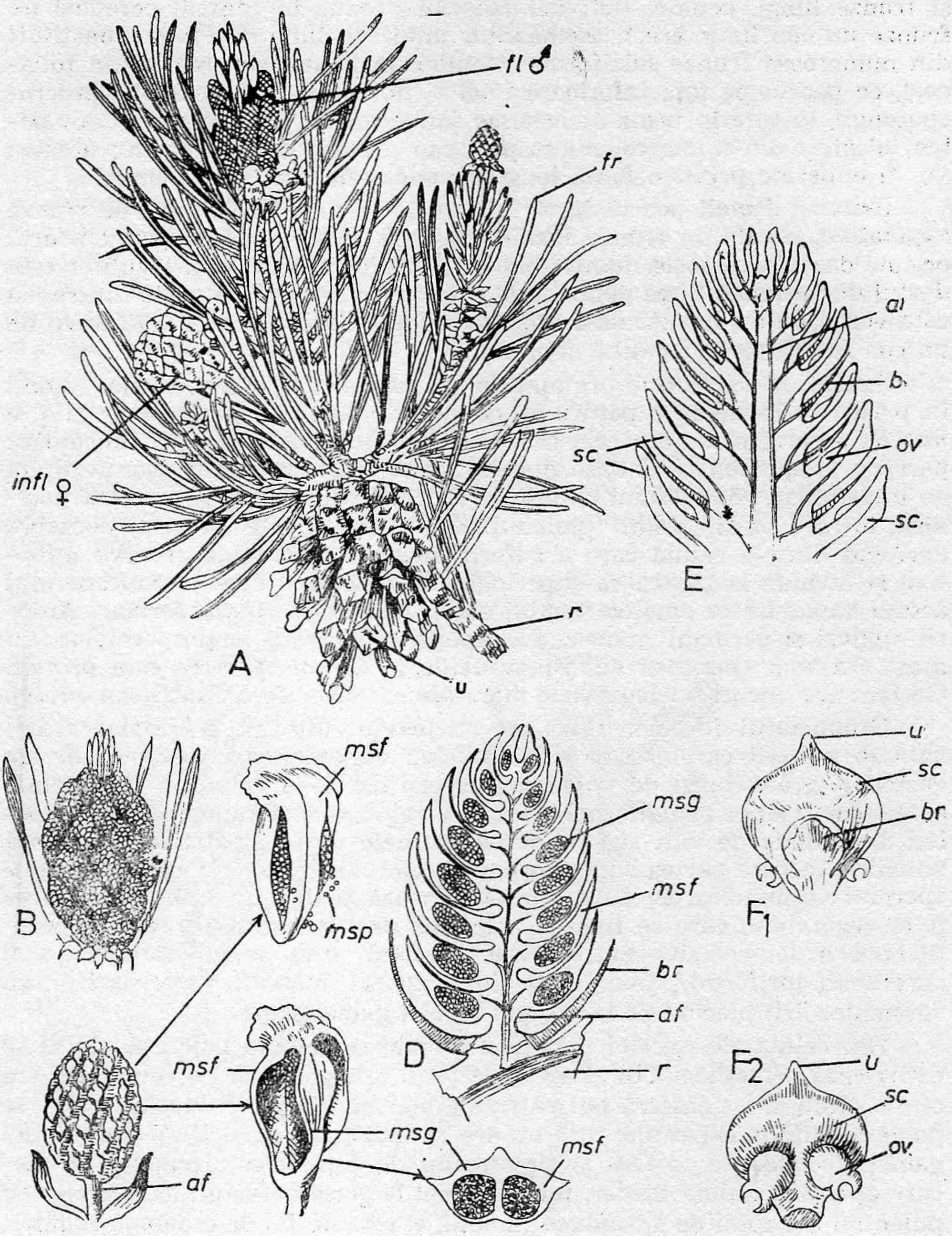


Fig. 243. Alcătuirea florii și ciclul evolutiv la *Pinus* sp. :

A — ramură; *B* — inflorescență masculă; *C* — floare masculă; *D* — floare masculă în secțiune longitudinală; *E* — inflorescență femelă secționată longitudinal; F_1 — floare femelă văzută dorsal; F_2 — floare femelă văzută ventral; *af* — axă florală; *ai* — axa inflorescenței; *br* — bractee; *fr* — frunză; *fl* ♂ — floare masculă; *infl* ♀ — inflorescență femelă; *msf* — microsporofil; *msg* — microsporange; *msp* — microspori; *ov* — ovul; *r* — ramură; *sc* — solz carpelar; *u* — umbo (după I. Grințescu).

Organele ♂ sînt formate din mici conuri staminale, grupate la baza lăstarilor de un an. Conurile femele iau naștere la extremitatea ramurilor, însă dezvoltarea lor este lentă și le trebuie 2 ani pentru a se transforma în „fructificații" mature, ce lasă să scape semințele.

Fiecare *con* ♂ este format din mai multe rînduri de solzi, fiecare purtînd pe fața inferioară doi saci polenici, ce se deschid printr-o fantă longitudinală. *Stamina* este scurt-pedicelată, iar antera (ca un scut foliaceu) poartă 2 saci polenici (microsporangi). În stare de primordiu antera apare ca un mamelon meristematic. În el are loc diviziunea periclinală a celulelor hipodermice, rezultînd celule externe (parietale) și interne (ce constituie arhesporul sau țesutul sporogen propriu-zis). Celulele externe suferă două diviziuni, rezultînd stratul epidermic, stratul mecanic (exoteciul), stratul intermediar (ce se resoarbe) și stratul tapet (cu rol nutritiv). Celulele interne (care alcătuiesc arhesporiul) se divid, rezultînd celule-mame ale microsporilor ; acestea suferă meioza, luînd naștere tetraspori haploizi (microspori) numiți grăuncioare de polen. Grăunciorul de polen tînăr are un perete dublu (exina și intina), o masă citoplasmatică și un singur nucleu. Germinarea grăunciorului de polen și transformarea lui în gametofit începe înaintea eliberării sale din sacul polenic. Nucleul inițial suferă 2 diviziuni, rezultînd 3—4 celule ; 1—2 celule protaliene, o celulă vegetativă și una generativă.

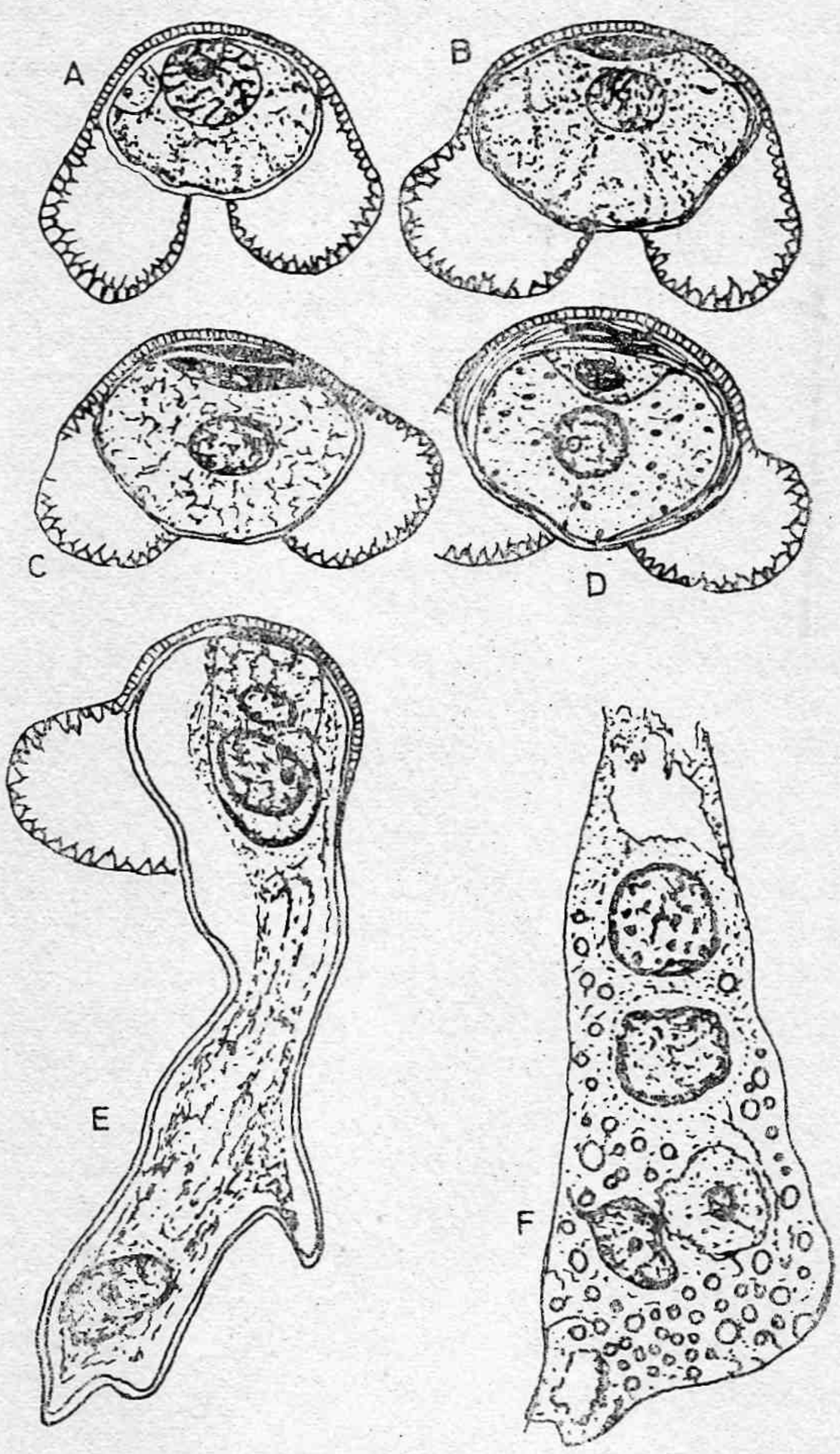


Fig. 244. Formarea gametofitului mascul în microspor (*A—D*) și tubul polenic (*E*) cu partea terminală (*F*), la *Pinus nigra* (după Strasburger).

Fiecare grăuncior de polen (fig. 244) este prevăzut cu 2 expansiuni laterale (rezultate din îndepărtarea exinei pe părțile laterale), numite saci aeriferi (ce ajută la polenizarea anemofilă). Așadar, partea centrală a grăunciorului de polen matur conține 1—2 celule protaliene, o celulă generativă (anteridială) și o celulă vegetativă

Ajuns în camera terminală a ovulului, grăunciorul de polen intră în repaus pînă ce se formează oosfera și numai apoi germinează, producînd un tub polenic la extremitatea căruia se află nucleul

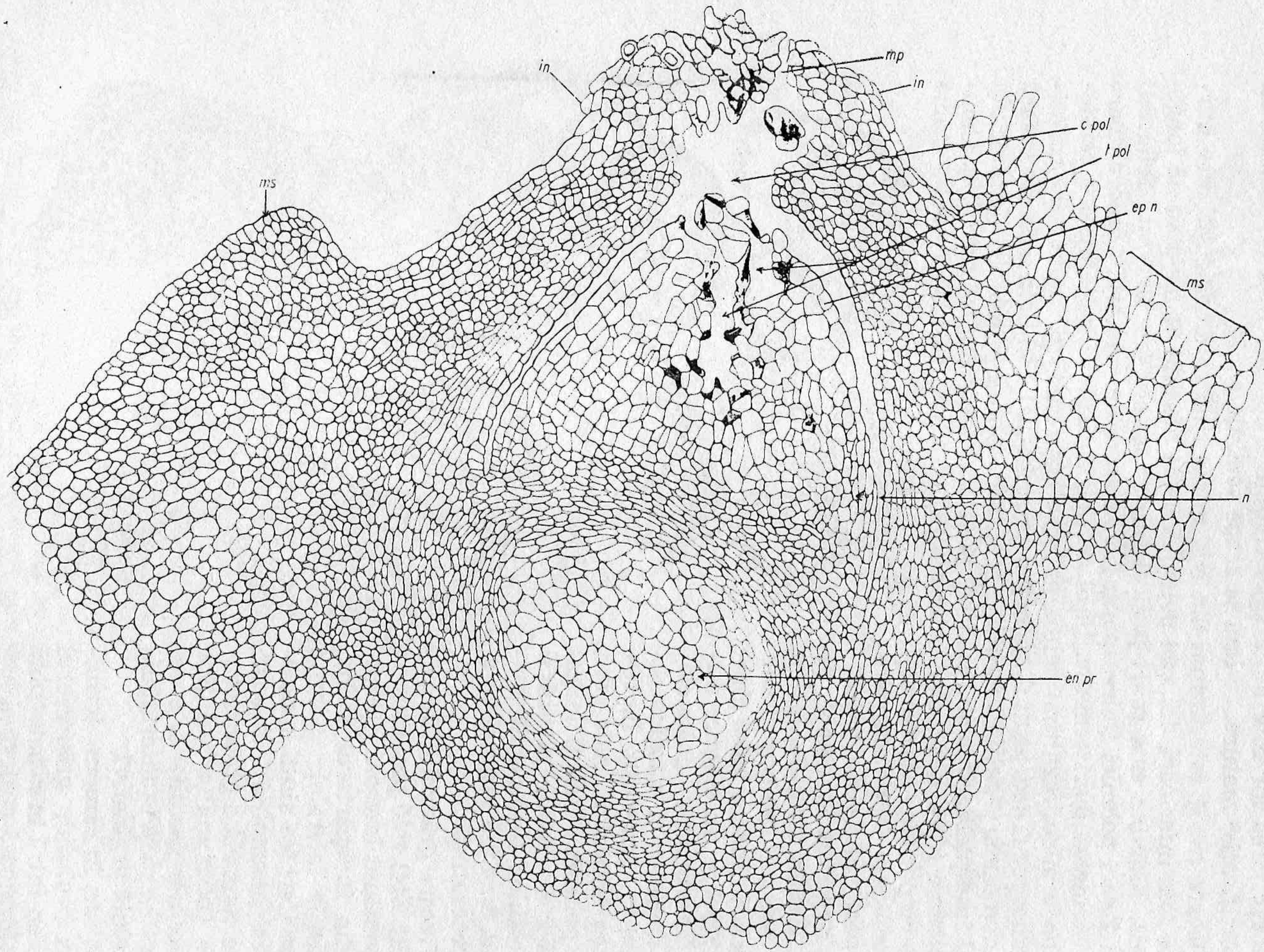


Fig. **245.** Structura ovulului la *Pinus* sp. (secțiune longitudinală) :

c pol — cameră polenică; *en pr* — endosperm primar; *ep n* — epiderma nucelei; *in* — integument; *mp* — micropil; *ms* — macrosporofil; *n* — nucelă; *t pol* — tuburi polenice (după I. T. Tarnavschi și colab.).

vegetativ, urmat de cel generativ ; acesta din urmă se divide, rezultînd doi nuclei-fii microscopici, imobili (spermatii), ce vor fi conduși pînă la contactul cu oosfera unui arhegon din ovul. Curînd, nucleul vegetativ (după ce și-a jucat rolul în creșterea tubului polenic), degenerează, ca și celula sau celulele protaliene.

Grăunciorul de polen este omologat cu microsporul, celula vegetativă cu microprotalul (cu deosebire celulele protaliene au valoare de protal), iar celula generativă (gametogenă) are valoare de anteridie.

Structura *conului* ♀ este complexă. El este format din cîteva zeci de solzi (dispuși în spirală pe axul conului), din care fiecare poartă pe fața sa superioară două *ovule* (neîmbrăcate de solzul carpelar, de unde vine și numele de *Gymnospermae*), situate aproape cu punctul de inserție pe axa conului. Secțiunea longitudinală a solzului arată că el este în realitate format din două părți : o bractee și un *solz carpelar* propriu-zis (fertil), acesta din urmă conținînd cîte două *ovule* la bază.

Din motive anatomice, ansamblul format din solzul fertil (carpelar) și bractee este interpretat ca o floare ♀ și conul însuși ca o inflorescență, în timp ce conul ♂ este, în mod obișnuit, privit ca o floare. Bracteea și solzul carpelar sînt mai mult sau mai puțin sudate împreună. *Ovulul*, mult mai mic și de structură mai simplă ca la *Cycas*, prezintă un integument (ce lasă un micropil), o nucelă și un endosperm primar, care aici este încă un țesut haploid, conținînd la partea sa superioară *oosfere* ridicate fiecare pe cîteva celule ce au valoare de arhegoane (fig. 245).

La începutul ontogeniei, ovulul apare ca un mamelon de celule meristematice, regiunea sa apicală dînd nucela, iar părțile laterale, integumentul. În nucelă, în stratul hipodermei din preajma micropilului, o celulă devine celulă-mamă a macrosporului (fig. 246). Prin meioză, această celulă formează o tetradă de celule haploide, dintre care cea inferioară, mai mare, crește și devine *sac embrionar* (macrospor sau megaspor), iar celelalte trei vor avorta curînd. Odată cu aceasta macrosporogeneza s-a încheiat (și totodată faza sporofitică), urmînd dezvoltarea gametofitului. Cum am văzut deja, megasporul intern crește, devenind „sac embrionar“ sau celulă-mamă a endospermului ; aceasta suferă mai multe diviziuni, rezultînd un țesut haploid numit *endosperm primar* (ce înlocuiește o parte din nucelă, pe seama căreia se hrănește), omologat cu protalul femel al pteridofitelor. Acest endosperm primar se întinde cu timpul pînă la micropil, devenind mai tîrziu țesutul de rezervă al seminței.

La polul micropilar al endospermului primar, unele celule ale acestuia devin celule mame ale arhegoanelor, suferind o diviziune din care rezultă : celula mamă a gîtului (prin diviziuni ulterioare ia naștere gîtul arhegonului) și celula centrală (prin diviziuni ulterioare se formează : celula superioară și oosfera, cea dintîi gelificîndu-se curînd). Arhegoanele rudimentare (numite și corpuscule), înglobate în țesutul protalian (endospermic), sînt apte în acest stadiu de dezvoltare pentru fecundație.

Fecundația este o sifonogamie (gameții ♂ sînt imobili) și are loc în intervalul de 1—5 luni de la polenizare. Tubul polenic străbate nucela și ajunge la gîtul arhegonului (la *Pinus*, în decurs de 1 an. cînd oosferele sînt formate). Atingînd arhegonul, vîrful tubului polenic se gelifică, nucleul vegetativ și cele 1—2 celule protaliene se dezorganizează, iar cei 2

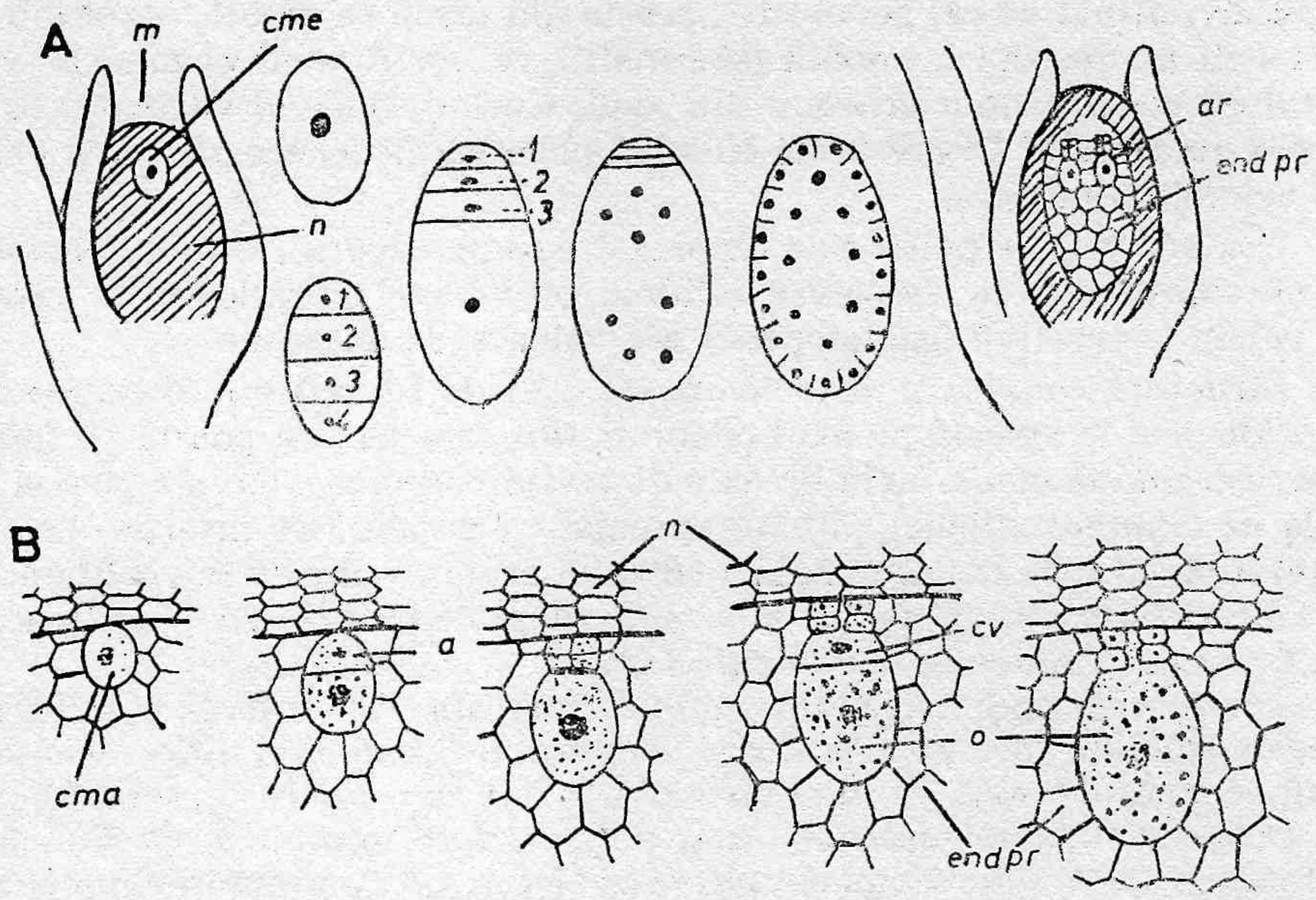


Fig. 246. Schema dezvoltării endospermului primar (*A*) și a arhegonului (*B*) la *Pinus* sp. :

a — celula care va da naștere celulelor gîtului; *ar* — arhegoane; *cma* — celulă mamă a arhegonului; *cme* — celulă mamă a endospermului primar; *cv* — celulă ventrală; *endpr* — endosperm primar; *m* — micropil; *n* — nucelă; *o* — oosferă (după I. Grințescu).

gameți ♂ (rezultați din diviziunea celulei generative) sînt atrași chimiotactic de oosferă ; unul din ei se contopește cu oosfera dintr-un arhegon și astfel rezultă un zigot diploid. Rareori (ex. *Abies balsamea, Ephedra campylopoda)* și cel de-al doilea gamet ♂ se unește cu celula superioară din arhegon (caz de dublă fecundație), din aceasta de-a doua fecundație rezultînd un zigot ce va duce la formarea unui endosperm secundar (caracteristic pentru *Angiospermae).* Cu zigotul format începe faza sporofitică ; din embrionul rezultat în urma germinării zigotului se formează o nouă plantă.

Față de pteridofite, sporofitul are dimensiuni mai mari, structură mai complexă și durată mai lungă ; gametofitul este mult redus, minuscul (cu deosebire cel mascul) ; exista o legătură strînsă de nutriție a gametofitului cu sporofitul (pe care rămîne fixat, în special cel femel) ; gameții masculi devin aplanogameți ; se formează un tub polenic. Așadar, fecundația este o sifonogamie simplă (rareori dublă).

6.2.6. REPRODUCEREA LA ANGIOSPERMAE

Angiospermele sînt cele mai evoluate plante, ocupînd un loc predominant în învelișul vegetal actual al globului pămîntesc. Caracterul lor cel mai distinctiv îl consituie ovulele închise în ovar, format din concrețterea carpelelor. După fecundație ovarul se transformă în fruct, iar ovulul în

sămînță ; aceasta este întotdeauna închisă în fruct, de unde și denumirea de *Angiospermae* dată acestui mare grup de plante. Piesele reproducătoare, formatoare de gameți, se află adăpostite într-o structură particulară numită *floare*, care are cel mai adesea și învelișuri protectoare, în comparație cu gimnospermele.

6.2.6.1. CONCEPȚII ASUPRA ORIGINII FLORII

Asupra originii florii s-au emis mai multe ipoteze, dintre care două sînt mai des discutate și luate în considerație, ambele bazîndu-se pe descoperirea diferitelor materiale fitopaleontologice : ipoteza sau *teoria euanției* și ipoteza sau *teoria pseudanției.*

Mai întîi trebuie arătat că, după *teoria foliară* emisă de Goethe, floarea este un lăstar neramificat și metamorfozat, specializat pentru formarea sporilor și a gameților, elementele florii fiind considerate ca frunze mai mult sau mai puțin profund modificate. După *teoria telomică* sau caulinară floarea este constituită dintr-un complex de axe lățite și modificate, unele sterile (care devin sepale și petale), iar altele specializate pentru reproducerea sexuată (care devin stamine și carpele).

Teoria euanției sau a florii adevărate (susținută de Bessey, Hallier, Arber, Parkin, Wieland ș.a.) consideră că floarea este un con sau strobil modificat, la care vîrful axului s-a transformat în receptacul, iar frunzele în sepale, petale, stamine și carpele. Conform acestei teorii floarea angiospermelor derivă din cea a gimnospermelor mai primitive (ex. *Bennettitales*) ; florile benetitalelor erau mari, hermafrodite, în formă de con și cu periant. Admițînd această teorie vom fi de acord că cele mai primitive angiosperme sînt magnoliaceele, ranunculaceele ș.a., plante cu flori mari, hermafrodite, cu număr mare de stamine și carpele, dispuse spirociclic pe receptacul. Un alt argument în favoarea acestei teorii este prezența de traheide în lemnul magnoliaceelar și al trochodendralelor. În evoluția florii primitive, receptaculul s-a micșorat, numărul pieselor florale s-a redus, dispoziția lor a devenit ciclică, iar ovarul a devenit inferior. Această teorie are o largă circulație, la ea aderînd numeroși botaniști contemporani care consideră că apetalele lemnoase sînt angiosperme mai evoluate, cu floare simplificată în mod secundar.

Teoria pseudanției sau a florii false (susținută de Wettstein, Engler Warming ș.a.) consideră că floarea angiospermelor derivă prin simplificare, din inflorescența unor gimnosperme evoluate (ex. *Gnetales)* ; în acest caz stamina și carpela sînt omoloage cu o floare apetală. Admițînd această teorie ar trebui să fim de acord că cele mai primitive angiosperme sînt apetalele lemnoase, cu flori unisexuate, lipsite de periant sau cu periant simplu, dispuse în inflorescențe de tipul amentului (ex. *Fagaceae, Betulaceae, Juglandaceae* ș.a.). Se presupune că prin contopirea a două flori unisexuate s-ar fi născut floarea hermafrodită, cu periant dublu, adaptată la polenizarea entomofilă, caracteristică grupelor mai evoluate de angiosperme. Această teorie, deși cu mulți adepți, are o circulație mai restrînsă decît teoria euanției.

6.2.6.2. ALCĂTUIREA FLORII

Florile angiospermelor sînt unisexuate sau bisexuate (hermafrodite); primele au fie numai stamine (și se numesc flori ♂) fie numai carpele (și se numesc flori ♀); celelalte au atît stamine, cît și carpele și se întîlnesc la marea majoritate (75—78%) a angiospermelor!

Plantele cu flori unisexuate pot fi: monoice, dioice, trioice și poligame. *Plantele monoice* au pe același individ atît flori ♂, cît și flori ♀, așa cum este cazul la *Zea, Juglans, Corylus, Betula* ș.a. *Plantele dioice* au florile ♂ pe unii indivizi și cele ♀ pe alți indivizi, ca la *Salix, Cannabis, Urtica, Humulus* ș.a. *Plantele trioice* au flori ♂ pe unii indivizi, flori ♀ pe alți indivizi și flori hermafrodite pe cea de a treia categorie de indivizi, ca la *Saponaria, Silene* (gușa porumbelului) ș.a. *Plantele poligame* poartă pe același individ atît flori unisexuate (♂ și ♀), cît și hermafrodite, ca la *Colocynthis, Helianthus, Veratrum* (stirigoaie) ș.a.

La o floare tipică complet dezvoltată se disting următoarele părți componente: receptacul, învelișuri florale și organe de reproducere.

Receptaculul sau axul florii reprezintă partea tulpinală lățită pe care sînt inserate în sens acropetal 5 sau 4 verticile de frunze modificate: sepale, petale, stamine și carpele.

Învelișurile florale (periantul) sînt reprezentate prin sepale (ce alcătuiesc caliciul) și prin petale (ce alcătuiesc corola).

Organele de reproducere sînt reprezentate prin stamine (ce alcătuiesc androceul) și prin carpele (ce alcătuiesc gineceul).

Florile lipsite de unul sau mai multe din verticilele amintite se numesc incomplete. Caliciul, corola, androceul și gineceul sînt constituite dintr-un număr variabil de piese care pot fi dispuse în cerc ori verticil (florile se numesc ciclice și caracterizează marea majoritate a angiospermelor) sau în spirală (florile se numesc aciclice sau spirociclice, ca la *Magnoliaceae, Calycanthaceae*, deci familiile cele mai puțin evoluate dintre angiosperme); se cunosc și cazuri de flori hemiciclice (ca la unele *Ranunculaceae: Caltha, Trollius* (bulbuci), *Ranunculus* ș.a.), la care învelișurile florale sînt dispuse în verticil, iar organele de reproducere în spirală. După numărul pieselor ce alcătuiesc un verticil, florile ciclice pot fi dimere, trimere, tetramere, pentamere, hexamere și polimere, iar după numărul ciclurilor componente, monociclice *(Salix, Fraxinus)*; ori numai stamine ori numai carpele), diciclice (*Cannabis*, sepale și stamine ori sepale și carpele), triciclice *(Acer)*, tetraciclice și pantaciclice (ultimele două categorii fiind întîlnite la cele mai multe angiosperme).

Simetria florilor poate fi: radiară, ca la majoritatea angiospermelor (florile numindu-se actinomorfe), bilaterală (ca la *Dicentra spectabilis)* și monosimetrică, ca la *Leguminosae, Labiatae* ș.a. (florile numindu-se zigomorfe); foarte rare sînt cazurile de flori asimetrice, ca la *Canna indica*.

6.2.6.3. INFLORESCENȚE

Dispoziția florilor pe tulpină este un caracter constant în cadrul anumitor grupe sistematice, avînd valoare de diagnoză și depinde de modul de ramificare a tulpinii. Cînd tulpinile sînt neramificate, ele se termină

cu o singură floare ; în acest caz spunem că florile sînt solitare, ca la *Galanthus, Papaver, Tulipa, Narcissus* ș.a. Cînd tulpinile sînt ramificate, florile pot fi grupate (în diferite moduri), formînd *inflorescențe*, acestea la rîndul lor fiind simple și compuse.

După felul de creștere în lungime a axei principale, deosebim inflorescențe monopodiale (racemoase sau nedefinite) și simpodiale (cimoase sau definite).

Inflorescențele monopodiale (fig. 247—249). Axele secundare au o dezvoltare bazitonă, adică cele de la bază poartă florile cele mai bătrîne (deci florile au o dezvoltare acropetală și centripetă). Vom prezenta mai întîi diferite tipuri de inflorescențe simple.

Racemul. Florile sînt pedunculate și inserate altern, la diferite niveluri ale axei (ex. *Capsella, Robinia, Padus* — mălinul, *Hyacinthus, Verbascum).*

Corimbul. Florile au pedunculi de lungimi diferite ; inserîndu-se la niveluri diferite ale axei, florile ajung toate aproape la același nivel (ex. *Spiraea* — cununița, *Prunus, Pyrus).*

Spicul. Se aseamănă cu racemul, numai că florile sînt sesile (ex. *Plantago)* ; un spic cu axa principală flexibilă, pendentă și cu flori unisexuate se numește *ament* sau mîțișor (ex. *Salix, Populus, Betula* — mesteacăn, *Corylus, Quercus, Juglans).*

Spadixul (fig. 248). Se aseamănă cu spicul, dar axa principală este puternic îngroșată și învelită de o frunză modificată (hipsofilă) numită *spată* (ex. *Arum* — rodul pămîntului, *Calla palustris* — cale, *Typha* — papură) ; tot spadix poate fi considerat și știuletele (inflorescența femelă) de la porumb, care este învelit de mai multe hipsofile numite pănuși.

Umbela. Florile au pedunculi de aceeași lungime, toate înserîndu-se în același loc și ridicîndu-se la aproximativ același nivel ; totalitatea bracteilor de la baza florilor se numește involucru (ex. *Coronilla, Cerasus, Cornus* — corn, *Primula, Allium).*

Capitulul. Axa principală este scurtă, mai mult sau mai puțin îngroșată, globuloasă sau disciformă, uneori cu un involucru la bază. Florile sînt sesile sau scurt pedicelate (ex. *Trifolium, Medicago, Eryngium* — scaiul dracului, *Scabiosa* — sipică).

Calatidiul (antodiul) (fig. 249). Este asemănător cu capitulul, dar axa este lățită : convexă (ex. *Matricaria* — mușețel) sau disciformă (ex. *Taraxacum, Bellis* și foarte multe alte *Compositae).* Florile sînt sesile, iar totalitatea bracteilor formează involucrul.

Inflorescențele monopodiale pot fi și compuse [homotactice (fig. 250), adică formate din inflorescențe simple de același tip], cînd axa principală se ramifică de mai multe ori și florile sînt purtate de axe secundare : *racem compus* (ex. *Vitis*), *spic compus* (ex. *Triticum* și foarte multe alte *Gramineae ;* uneori spiculețele sînt lung pedunculate și atunci inflorescența se numește *panicul,* ca la *Oryza, Avena, Festuca* — păiuș ș.a.) *corimb compus* (ex. *Sorbus aucuparia*), *umbelă compusă* (ex. *Umbelliferae*), *calatidiu compus* (ex. *Leontopodium alpinum*).

Inflorescențe simpodiale. Axele secundare au o dezvoltare acrotonă, adică cele de la vîrf poartă florile cele mai bătrîne (deci florile au o dezvoltare bazipetală și centrifugă). Se cunosc trei tipuri de inflorescențe simple : monocaziu, dicaziu și pleiocaziu.

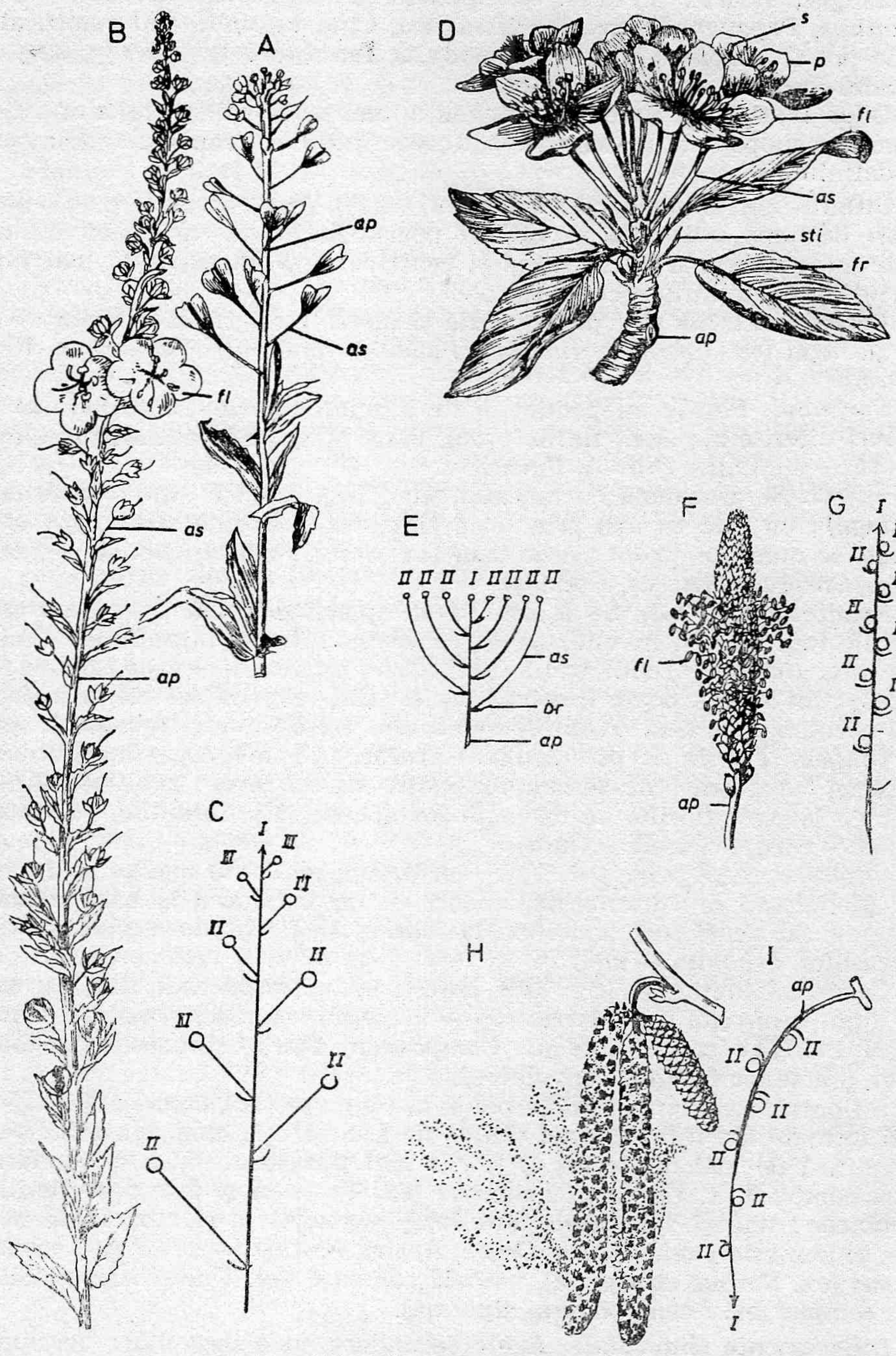


Fig. 247. Inflorescențe monopodiale :

A — racem (*Capsella bursa pastoris*); *B* — racem (*Verbascum phoeniceum*); *C* — schema racemului; *D* — corimb (*Pyrus sativa*); *E* — schema corimbului; *F* — spic simplu (*Plantago* sp.); *G* — schema spicului simplu; *H* — ament (*Corylus avellana*); *I* — schema amentului; ***ap*** — **axă** principală; *as* — axă secundară; *br* — bractee; *fl* — floare; *fr* — frunză; *p* — petale; *s* — stamine; *sti* — stipele (*A* : după Flora R.P.R.; *B, C, H* : după Schmeil; *D, E, F, I* : după Bonnier).

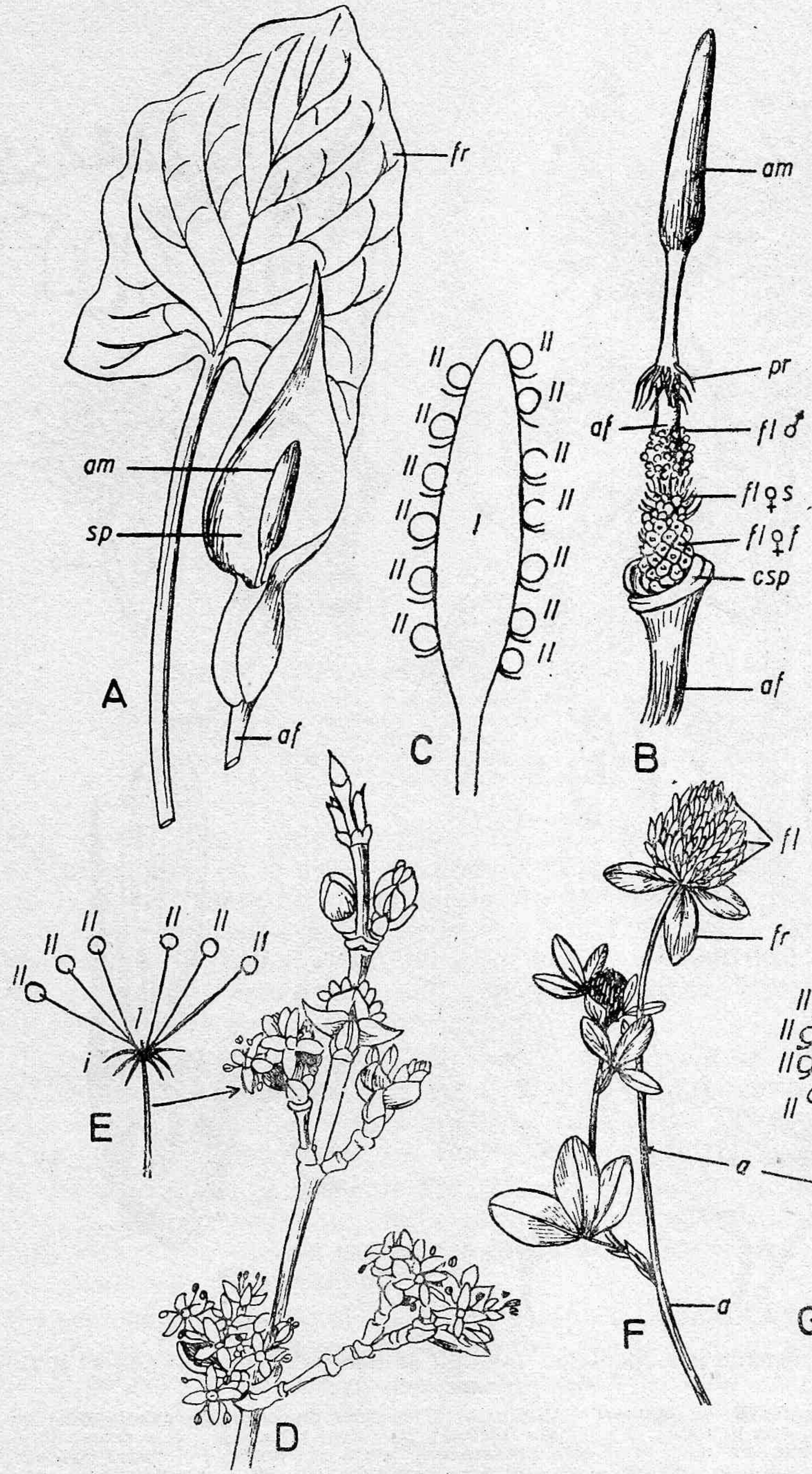


Fig. 248. Inflorescențe monopodiale :

A — spadicele învelit de spată (*Arum maculatum*); *B* — morfologia spadicelui fără spată; *C* — schema spadicelui; *D* — umbelă simplă (*Cornus mas*); *E* — schema umbelei simple; *F* — capitul (*Trifolium pratense*); *G* — schema capitulului; *a* — axă; *af* — axa floriferă; *am* — aparat de manifestațiune; *csp* — cicatricea spatei; *fl* — floare; *fl* ♂ — flori mascule; *fl* ♀ *f* — flori femele fertile; *fl* ♀ *s* — flori femele sterile; *fr* — frunză; *i* — involucru; *pr* — peri reverși; *sp* — spată (*A, B* : după I. Todor; *C, D* : după Hegi; *E, F* : după Flora R.P.R.).

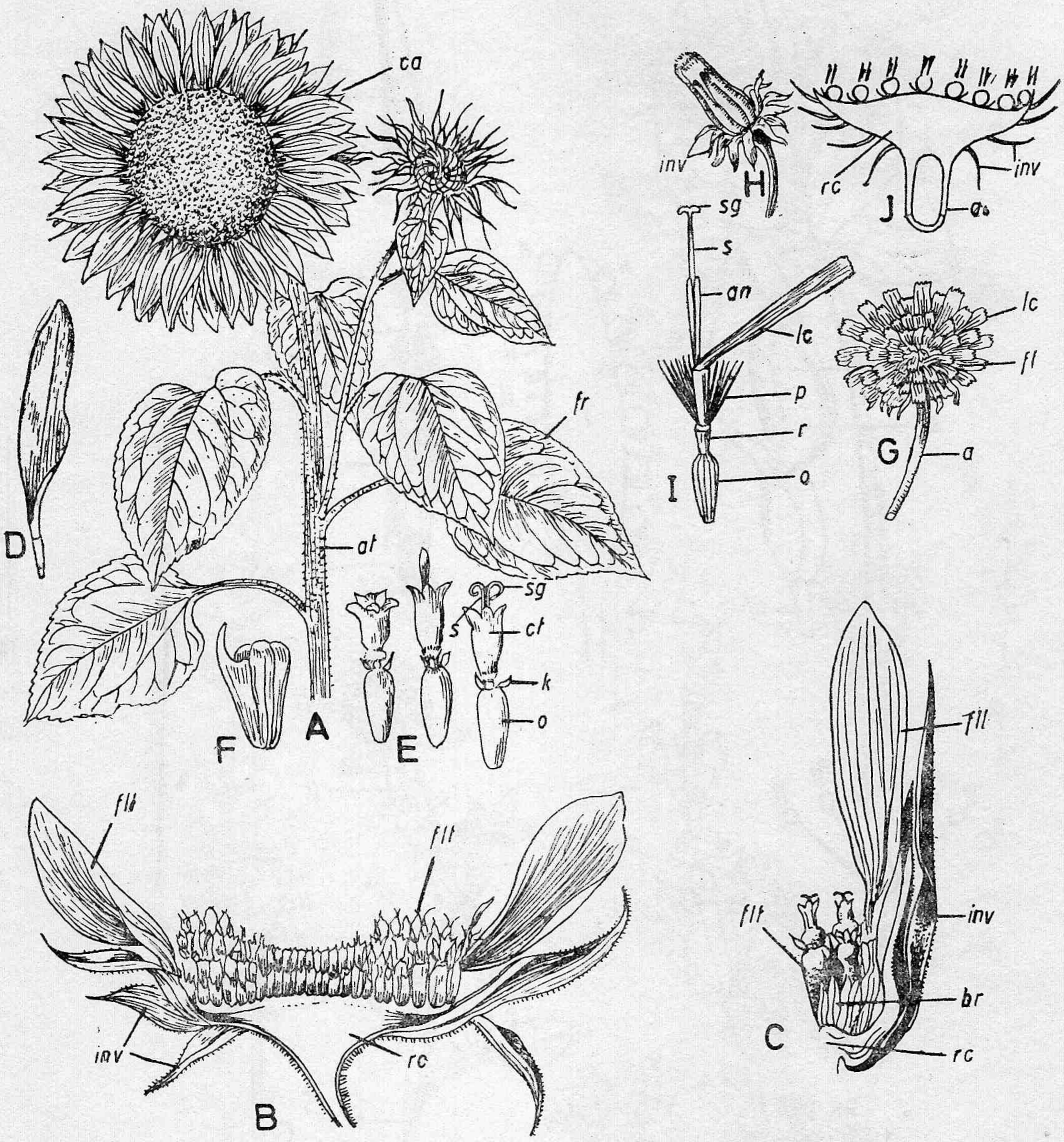


Fig. 249. Inflorescențe monopodiale : calatidii de *Helianthus annuus* (*A*—*F*) și *Taraxacum officinale* (*G*—*J*) :

A — aspect general; *B* — secțiune longitudinală; *C* — parte din marginea calatidiului, cu două flori tubuloase și una ligulată; *D* — floare ligulată; *E* — flori tubuloase; *F* — fruct; *G* — calatidiu deschis, văzut din față; *H* — calatidiu deschis, văzut din profil; *I* — floare ligulată; *J* — schema calatidiului; *a* — axă; *an* — antere; *at* — axă tulpinală; *br* — bractee; *ca* — calatidiu; *ct* — corolă tubuloasă; *fl* — floare; *fll* — floare ligulată; *flt* — floare tubuloasă; *fr* — frunză; *inv* — involucru; *k* — caliciu; *lc* — ligula corolei; *o* — ovar; *p* — papus; *r* — rostrum; *rc* — receptacul; *s* — stil; *sg* — stigmat (*A* : după Flora R.P.R.; *B*—*F* : după Emberger; *G*, *H* : după I. Grințescu; *I* : după I. Todor; *J* : după I. T. Tarnavschi și colab.).

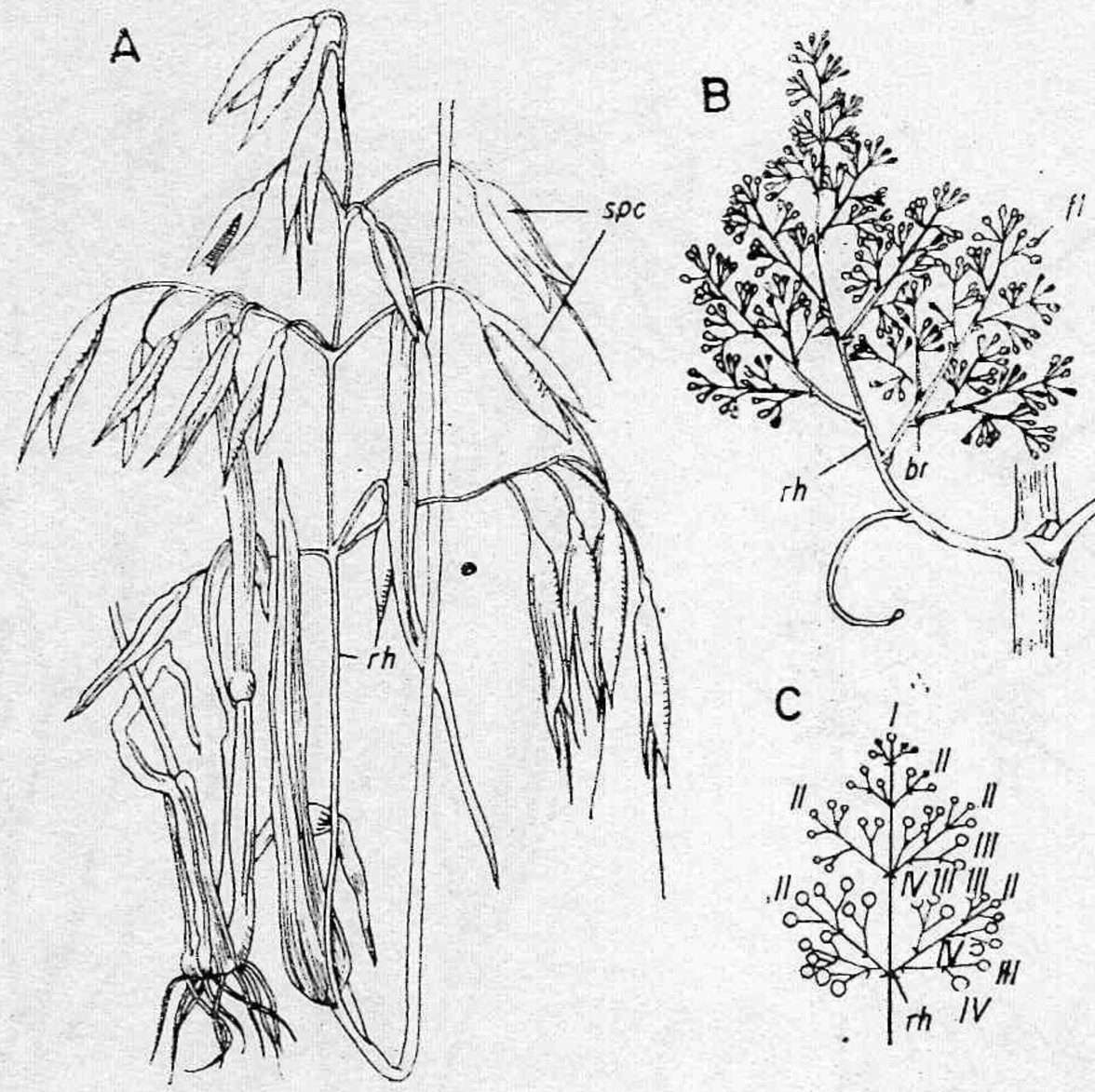


Fig. 250. Inflorescențe monopodiale homotactice :
A — panicul (*Avena sativa*); *B* — racem compus (*Vitis vinifera*); *C* — schema inflorescenței de *Vitis vinifera*; *br* — bractee; *fl* — floare; *rh* — rahis; *spc* — spiculeț (*A* : după I. Morlova; *B* : după D. Oprea; *C* : după I. T. Tarnavschi și colab.).

Monocaziul (cima unipară) (fig. 251). Ramificațiile apar unilateral ; atît axa principală, cît și axele secundare se termină cu cîte o floare. Din această categorie amintim următoarele tipuri : *cima scorpioidă* sau cincinul (ex. *Boraginaceae),* cu varianta sa numită glomerul, cînd axele se scurtează foarte mult (ex. *Beta*), *cima helicoidă* sau bostrixul (ex. *Gladiolus, Hemerocallis* — crin de toamnă), *cima în evantai* sau ripidiul (ex. *Iris*), *cima-secere* sau drepaniul (ex. *Juncaceae).*

Dicaziul (cima bipară) (fig. 252). Axa principală se termină cu o floare, iar sub ea, la primul nod, se formează două ramuri opuse, mai lungi ca axa principală, care se comportă ca și aceasta ; în acest caz avem de-a face cu o falsă dichotomie (ex. *Caryophyllaceae*).

Pleiocaziul (cima multipară) (fig. 252, D). Axa principală se termină cu o floare (ce reprezintă un ciațiu), sub care aproape din același loc se dezvoltă mai multe ramuri secundare dispuse în verticil (ex. *Euphorbiaceae, Crassulaceae, Butomaceae).*

Inflorescențele simpodiale pot fi și compuse (homotactice) (fig. 253) : *cincin compus* (ex. *Heliotropium* — vanilie de cîmp), *dicaziu compus* (ex. *Silene, Saponaria*), pleiocaziu compus (ex. *Sambucus ebulus).*

În sfîrșit există și inflorescențe compuse mixte, polimorfe sau heterotactice, alcătuite din tipuri diferite de inflorescențe simple, simpodiale sau monopodiale : *racem de umbele* (ex. *Hedera helix), racem de calatidii (Petasites officinalis* — captalan), *corimb de calatidii (Achillea* — coada șoricelului), *umbelă de spice (Cynodon dactylon* — pir gros), *panicul de calatidii)Artemisia absinthium), dicazii de monocazii (Tilia tomentosa), pleiocaziu*

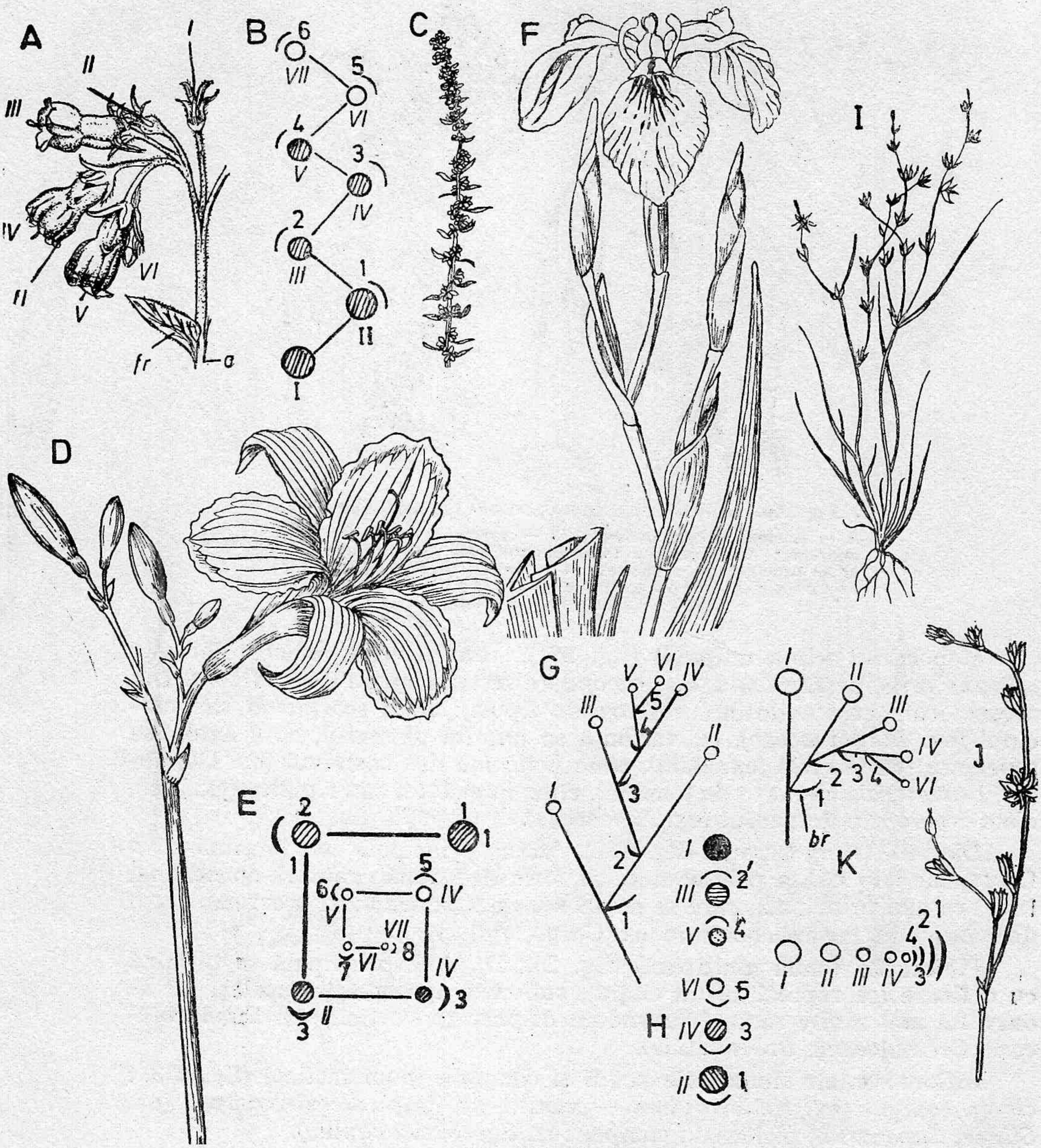


Fig. 251. Monocaziul :

A — cincin (*Symphytum officinale*); *B* — schema cincinului; *C* — glomerul (*Beta vulgaris*); *D* — bostrix (*Hemerocalis* sp.); *E* — schema bostrixului; *F* — ripidiu (*Iris pseudacorus*); *G, H* — schema ripidiului; *I* — drepaniu (*Juncus oufonius*); *J* — un fragment din drepaniu; *K* — schema drepaniului; *a* — axă; *fl* — floare; *fr* — frunză (*A, B, D—K* : după **Strasburger**; *C* : după Flora R.P.R.).

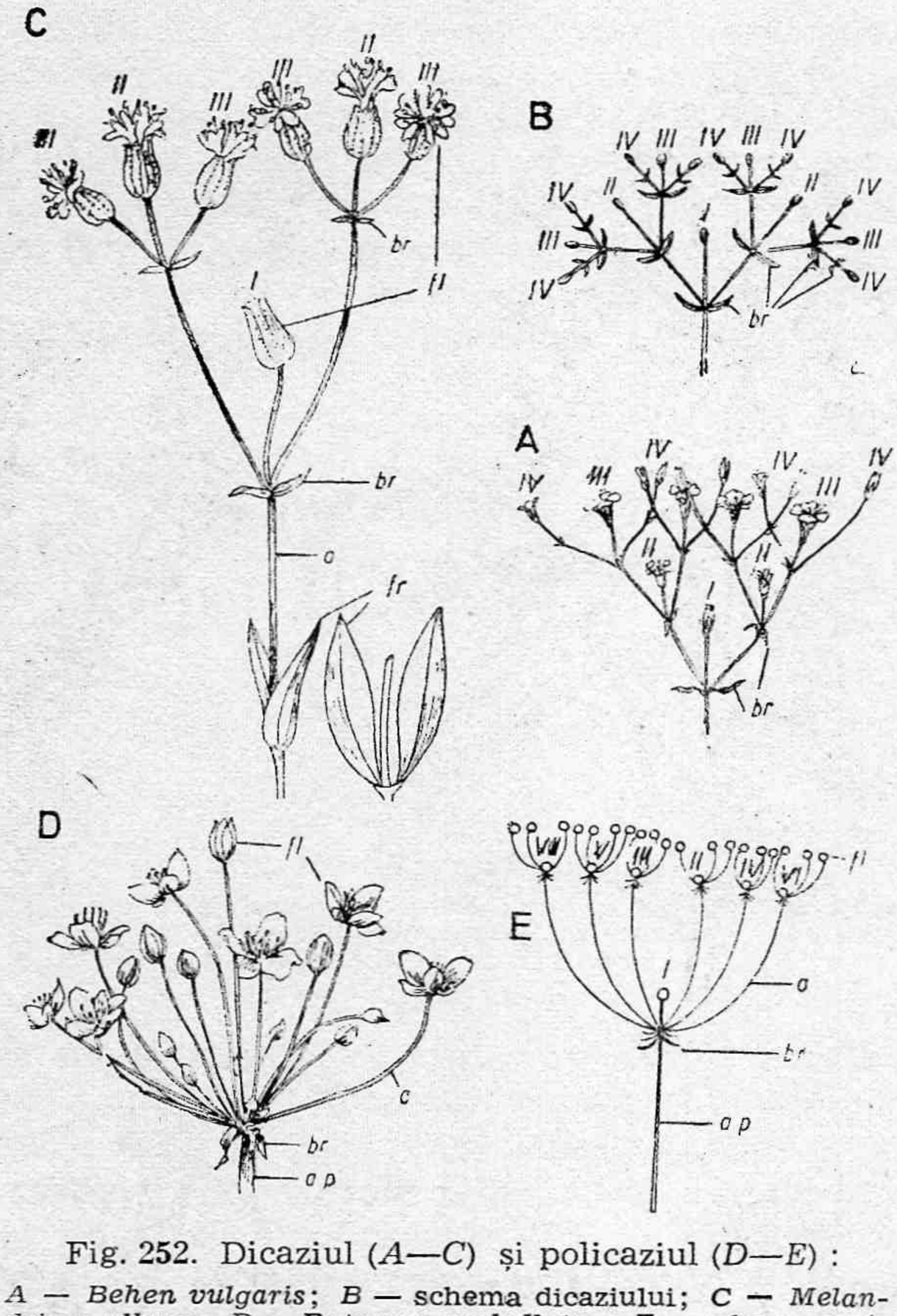


Fig. 252. Dicaziul (*A—C*) și policaziul (*D—E*) :
A — Behen vulgaris; *B* — schema dicaziului; *C* — *Melandrium album*; *D — Butomus umbellatus*; *E* — schema policaziului; *a* — axă; *ap* — axă principală; *br* — bractee: *fl* — floare; *fr* — frunză (*A* : după I. T o d o r; *B, C, E* : după I. T. T a r n a v s c h i și colab.; *D* : după S c h m e i l).

de ciații *(Euphorbia ciparyssias)*, spice de dicazii *(Carpinus betulus)*, amenți de dicazii *(Alnus, Betula)*, cimă helicoidală de calatidii *(Cichorium intybus)*.

Reprezentarea grafică a florii. Aceasta se face prin litere, cifre și semne convenționale, deci prin formule și diagrame florale.

Formula florală este reprezentarea grafică a organizației florale cu ajutorul unor litere, cifre și diferite semne convenționale. Ciclurile de piese florale se exprimă prin litere (*K* — caliciu, *C* — corolă, *A* — androceu, *G* — gineceu, *P* — perigon), iar numărul pieselor dintr-un ciclu prin cifre (situate la dreapta fiecărei litere) ; cînd acest număr este nedefinit se folosește semnul ∞. Verticilele cu piese de același fel se leagă cu semnul + ; elementele concrescute din cadrul aceluiași ciclu se pun între paranteze obișnuite (), iar verticilele concrescute între ele se închid cu paranteze mari []. Cînd florile sînt actinomorfe se pune în fața formulei o steluță *, iar cînd sînt zigomorfe se pune semnul ·/·. Dacă ovarul este

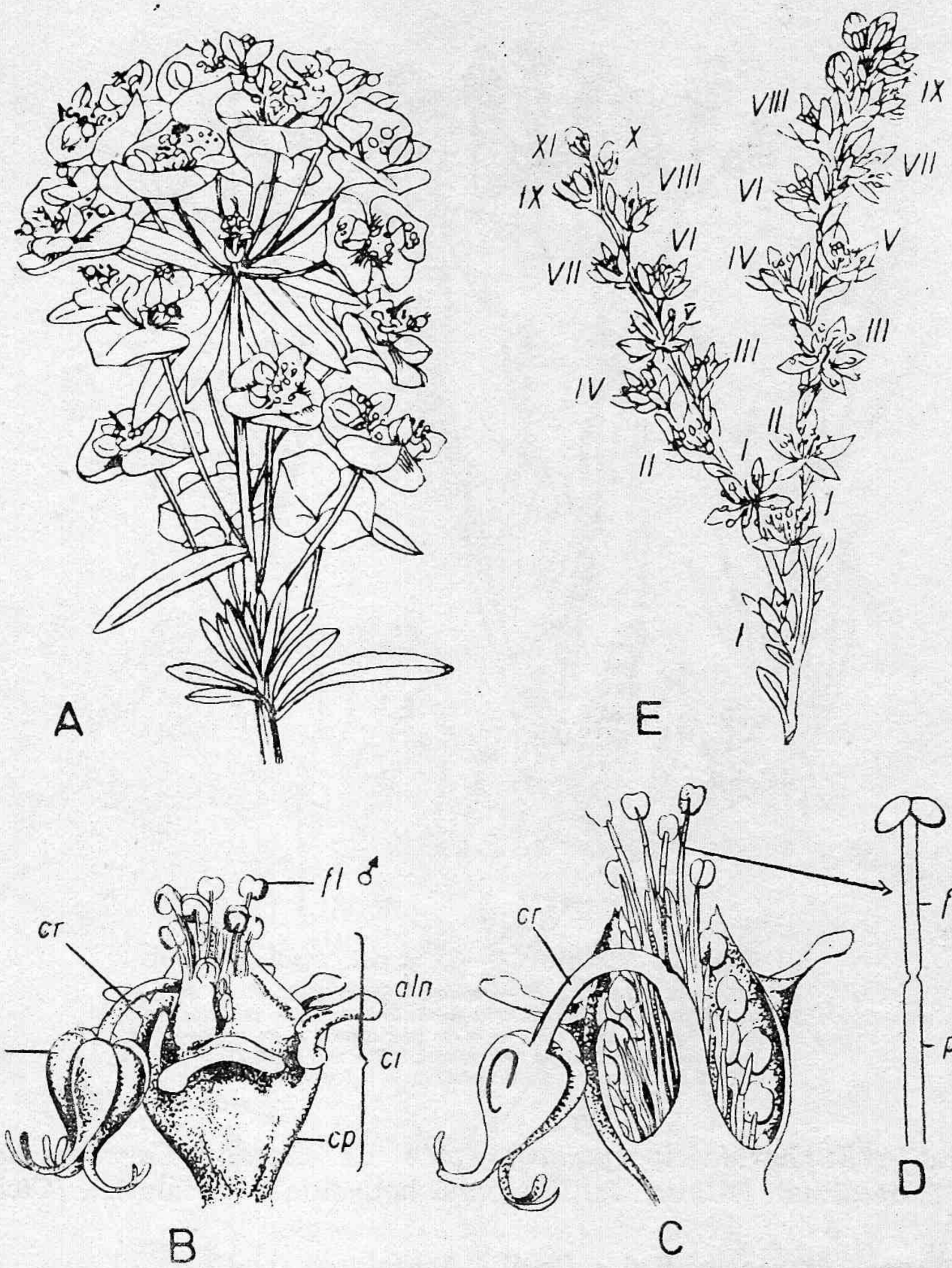


Fig. 253. Inflorescențe homotactice cimoase :

A—C — ciațiu de *Euphorbia cyparissias*; *D* — floare masculă de *Euphorbia cyparissias*; *E* — ciațiu de *Sedum acre*; *ci* — ciațiu; *cp* — cupă; *cr* — carpofor; *fil* — filament; *fl* ♀ — floare femelă; *fl* ♂ — floare masculă; *gln* — glandă nectariferă; *pd* — peduncul floral (după Guttenberg).

inferior, deasupra cifrei se pune o liniuță, iar dacă ovarul este superior liniuța se pune sub cifră. Lipsa unui verticil se marchează cu zero.

Exemple de formule florale : *Lilium candidum* : $*P_{3+3}A_{3+3}G_{(\underline{3})}$; *Ranunculus acer* : $*K_5C_5A_\infty G_\infty$; *Pisum sativum* : $\cdot/. K_{(5)}C_{1+2+2}A_{(9)+1}G_2$; *Lamium maculatum* (urzica moartă) : $\cdot/\cdot\ K_{(5)}[C_{(5)}A_{2+2}]G_{(\underline{2})}$; *Malus pumila* : $*K_5C_5A_\infty G_{(\bar{5})}$.

Diagrama florală (fig. 254) ne arată proiecţia schematică a florii, făcută într-un plan perpendicular pe axul florii, piesele florale fiind redate prin diferite semne convenţionale : la floarea cu piese dispuse ciclic se figurează punctat atîtea cercuri cîte cicluri există ; la floarea cu piese dispuse spirociclic se figurează o spirală. La florile axilare, axa florii se marchează printr-un cerc deasupra diagramei, bractea (la subsuoara căreia se formează floarea) printr-un arc sub diagramă. La florile terminale nu se reprezintă nici axa, nici bracteea. Pe cercurile concentrice sau pe linia spi-

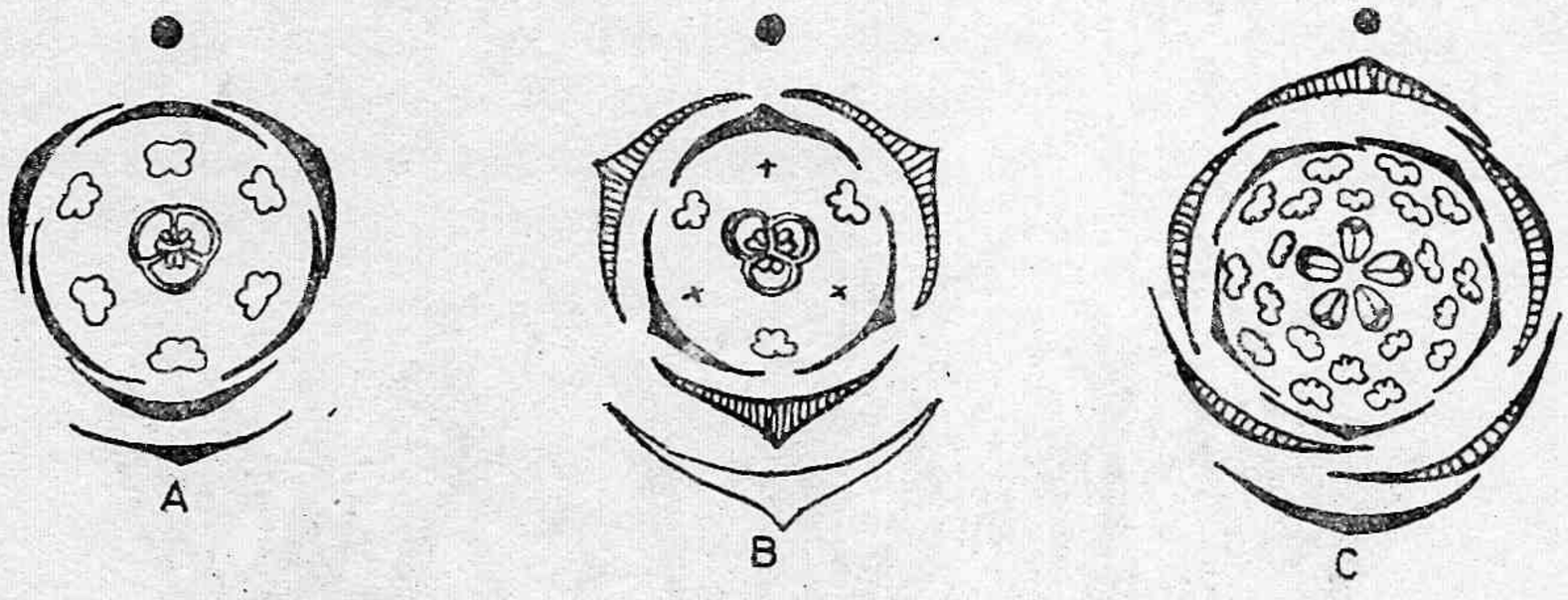


Fig. 254. Diagrame florale :
A — Ornithogalum umbellatum; *B — Iridaceae* (lipseşte ciclul intern de stamine); *C — Pyrus sativa* (petalele alternează cu sepalele) (*A* : după Strasburger; *B, C* : după I. Grinţescu).

rală se schiţează, de la exterior spre interior, piesele florale şi numărul lor în fiecare verticil : sepalele, prin arcuri carenate, petalele prin arcuri necarenate, staminele prin secţiuni transversale schematice ale anterei, carpelele prin secţiuni transversale schematice ale ovarului (arătînd numărul carpelelor şi al loculilor, precum şi tipul de placentaţie). Concreşterea diferitelor piese florale se arată prin arcuri de legătură. Piesele reduse dintr-un ciclu se marchează prin puncte, iar cele dispărute prin litera x.

6.2.5.4. MORFOLOGIA ŞI ANATOMIA FLORII

Axa florii reprezintă un microblast cu creştere definită care are extremitatea superioară umflată, lăţită, alungită sau scobită şi care poartă numele de *receptacul* ; internodul situat sub floare, atunci cînd el există, se numeşte *peduncul* sau pedicel floral.

Receptaculul poate avea diferite forme (fig. 255) : de cupă, cînd st numeşte *hipantiu* (ex. *Rosa canina, Prunus avium),* de butelie (ex. *Galanthus),* de cilindru (ex. *Cheiranthus cheiri*), de taler discoidal *(Citrus limon — Fragaria vesca) ;* alteori receptaculul este conic alungit ca la speciile de *Ranunculus.*

Periantul (învelişurile florale) cuprinde de regulă două cicluri de piese florale distincte : caliciul (totalitatea sepalelor) şi corola (totalitatea petalelor) ; în acest caz el se numeşte dublu. Alteori sepalele nu se deo-

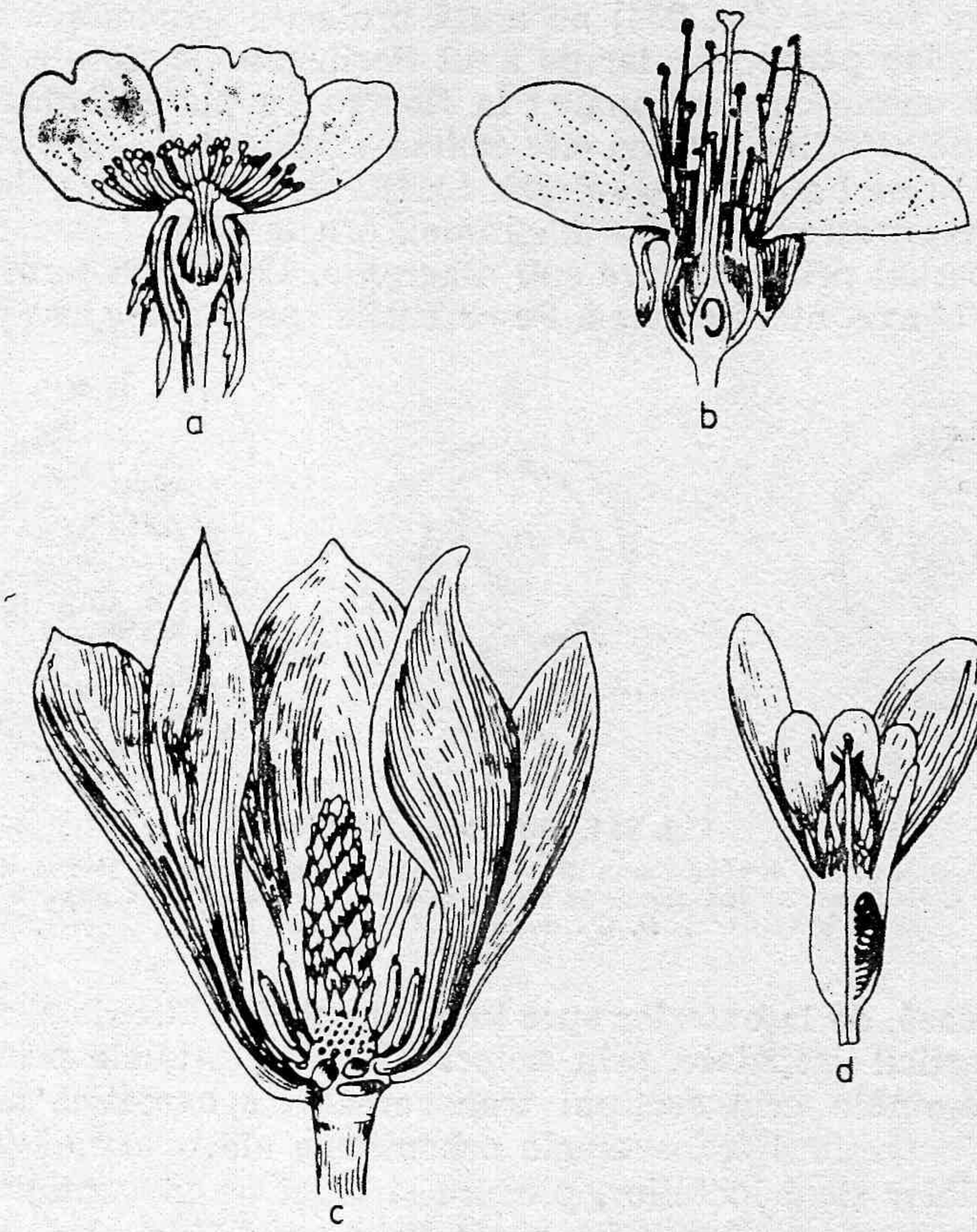


Fig. **255.** Tipuri de receptacul:

a — *Rosa canina* (în formă de cupă); *b* — *Prunus avium* (în formă de cupă); *c* — *Mgnolia* sp. (alungit și conic); axa floral, alungită, are numeroase frunze perigoniale, stamine și carpele dispuse în spirală; *d* — *Galanthus nivalis* (în formă de butelie) (*a*—*c*: după Strasburger; *d*: după Engler).

sebesc de petale (ambele categorii purtînd denumirea de *tepale*) și atunci periantul se numește simplu sau perigon; acesta poate fi petaloid (ex. *Tulipa, Iris, Hyacinthus, Lilium, Scilla* ș.a.) sau sepaloid (ex. *Urtica, Beta, Rumex*). Tepalele perigonului pot fi libere (ex. *Lilium, Scilla, Tulipa*) sau concrescute între ele (ex. *Convallaria, Muscari*-ceapa ciorii, *Polygonatum).*

Caliciul reprezintă totalitatea sepalelor, care sînt frunze modificate, (ex. *Taraxacum, Cirsium* ș.a.) sau lipsesc și atunci florile se numesc nude de regulă verzi și **cu** rol protector; uneori sepalele au culoarea petalelor (ex. *Tulipa, Iris* ș.a.). Sînt cazuri cînd sepalele sînt transformate în peri (ex. *Salix, Populus, Fraxinus, Gramineae, Cyperaceae).*

După modul cum sepalele sînt libere sau concrescute, caliciul poate fi : *dialisepal,* ca la *Cruciferae, Umbelliferae, Ranunculaceae, Rosaceae,* multe *Liliaceae* ș.a., și *gamosepal,* ca la *Solannaceae, Labiatae, Primulaceae* multe *Caryophyllaceae, Gentianaceae, Campanulaceae* ș.a. La rîndul lui caliciul gamosepal poate fi : tubulos (ex. *Dianthus*), infundibuliform (ex.

Primula), campanulat (ex. *Gentiana*), urceolat (ex. *Hyoscyamus*) globulos (ex. *Silene*).

După poziția sepalelor față de petale sau receptacul, caliciul poate fi : erect (ex. *Sinapis*), patent (ex. *Pyrola*), răsfrînt (ex. *Ranunculus sardous*). După tipul de simetrie, caliciul poate fi : actinomorf (ex. *Primulaceae*, *Boraginaceae*) și zigomorf ex. *Labiatae*, *Leguminosae*). După durata lui, caliciul poate fi : caduc în momentul înfloririi (ex. *Papaveraceae*), caduc după fecundație (caz aproape general), persistent pe fruct pînă la maturarea acestuia (ex. *Solanaceae*, *Pomoideae*) sau acrescent, învelind în cele din urmă fructul (ex. *Physalis alkekengi* — păpălăul de pădure) (fig. 256, 6). De regulă, sepalele formează un singur verticil ; în cazuri foarte rare ele formează două verticile, cel extern purtînd numele de calicul (ex. *Malva* — nalbă, *Fragaria*).

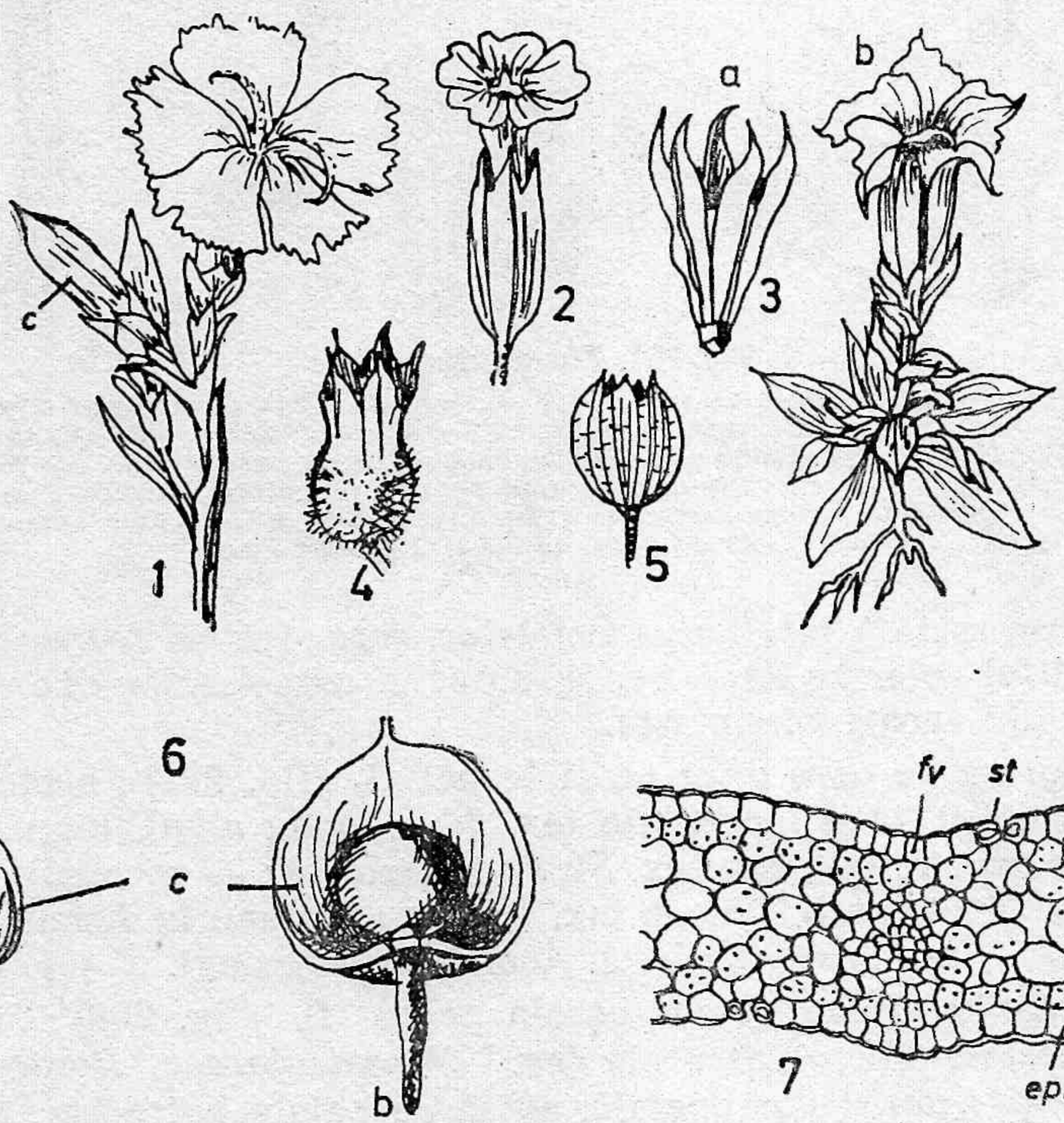


Fig. 256. Forme de caliciu:
1 — tubulos (*Dianthus* sp.); *2* — infundibuliform (*Primula officinalis*); *3 a, b* — campanulat (*Gentiana excisa*); *4* — urceolat (*Hyoscyamus niger*); *5* — globulos (*Silene vulgaris*); *6* — acrescent și persistent (*Physalis alkekengi*: *a* — fructul învelit de caliciu; *b* — fructul în secțiune longitudinală; *7* — fragment dintr-o secțiune transversală prin sepală (*Helleborus purpurascens*); *c* — caliciu; *epi* — epidermă inferioară; *eps* — epidermă superioară; *fv* — fascicul vascular; *st* — stomată (după I. Grințescu).

Structura sepalelor este mai mult sau mai puțin asemănătoare cu cea a frunzelor obișnuite, avînd : epidermă superioară și epidermă inferioară (adesea cu stomate și uneori peri tectori sau secretori), mezofil (adesea omogen, de tip lacunos) și nervuri (cu fascicule conducătoare mici, de tip colateral, cu liberul orientat spre exterior și lemnul spre interior).

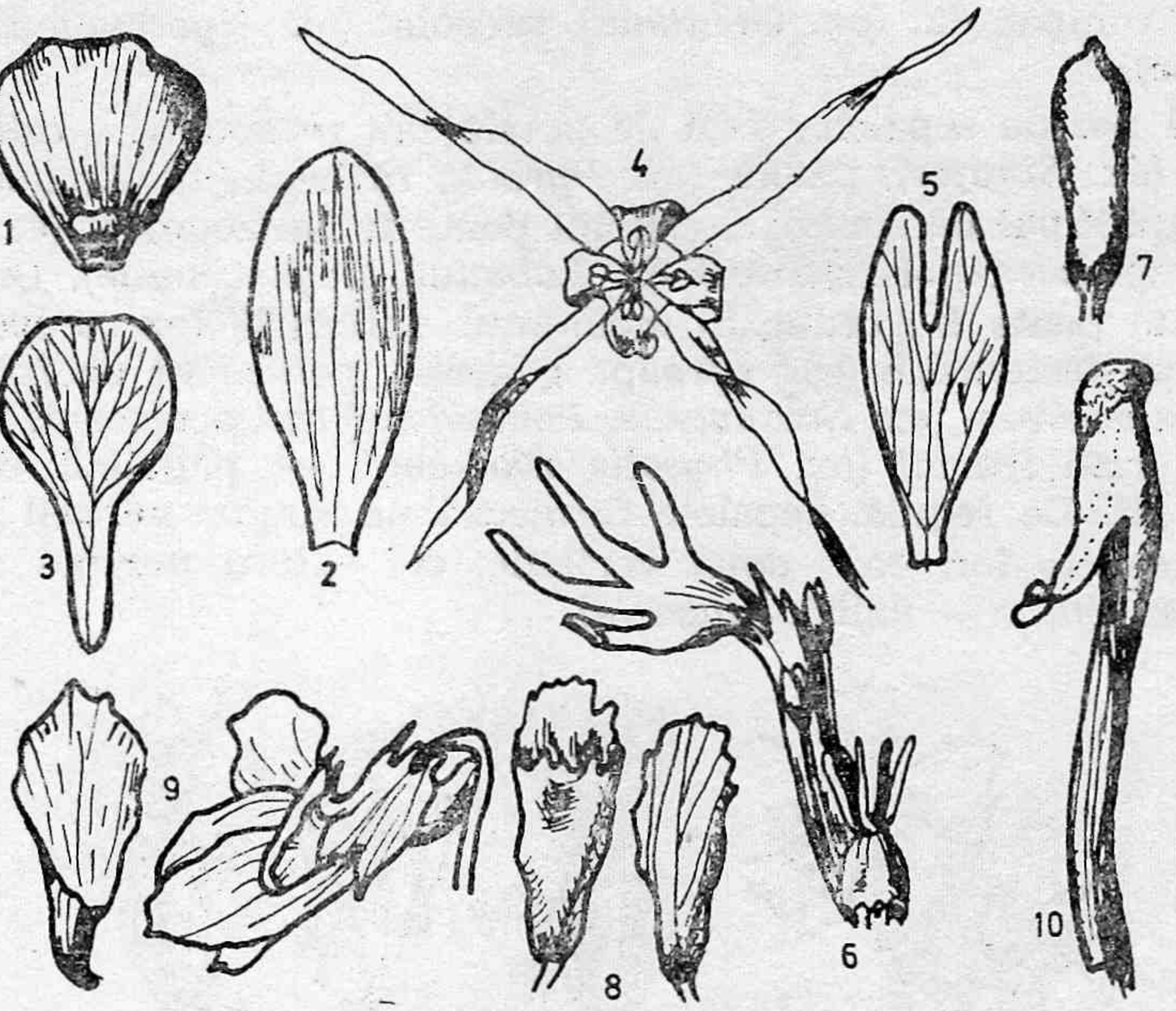


Fig. 257. Forme de petale:

1 — orbiculară (*Ranunculus acer*); *2* — ovat-lanceolată (*Nymphaea alba*); *3* — unguiculată (*Cheiranthus cheiri*); *4* — liniară (*Hammamelis* sp.); *5* — bilobată (*Stellaria media*); *6* — tetralobată (*Lychnis flos-cuculi*); *7* — *Trifolium* sp.; *8* — *Helleborus purpurascens*; *9* — petala anterioară este transformată în cornet nectarifer (*Aconitum* sp.); *10* — pinten nectarifer (*Viola odorata*) (după I. Grinţescu).

Corola reprezintă totalitatea petalelor, care sînt tot frunze modificate, de regulă altfel colorate decît verde, datorită antocianilor din vacuole sau pigmenţilor din carotenoidoplaste.

După forma pe care o au petalele pot fi (fig. 257) : orbiculare (ex. *Ranunculus acer),* ovat-lanceolate (ex. *Nymphaea alba),* unguiculate (ex. *Cheiranthus cheiri),* bilobate (ex. *Stellaria holostea* — rocoină), tetralobate (ex. *Lychnis flos-cuculi),* liniare (ex. *Hamamelis)* sau în formă de cornete (ex. *Helleborus, Trolius* — bulbuci, *Aconitum* — omag).

După relaţia dintre petale, corola poate fi (fig. 258) : dialipetală, adică cu petalele libere între ele (ex. *Ranunculaceae, Rosaceae, Cruciferae, Umbelliferae)* şi gamopetală, adică cu petale unite (ex. *Solanaceae, Boraginaceae, Labiatae, Compositae, Primulaceae).* La rîndul ei, după tipul de simetrie corola gamopetală poate fi : actinomorfă şi zigomorfă. Corola actinomorfă se prezintă sub următoarele forme : tubuloasă (ex. *Helianthus annuus),* campanulată (ex. *Campanula),* infundibuliformă (ex. *Convolvulus*), urceolată (ex. *Vaccinium* — afin), rotată (ex. *Solanum tuberosum),* hipocrateriformă (ex. *Syringa vulgaris*) ; corola zigomorfă poate fi : bilabiată (ex. *Lamium),* personată (ex. *Antirrhinum majus),* ligulată (ex. *Taraxacum*). Corola dialipetală este, în mod obişnuit, actinomorfă ; rareori este zigomorfă de tip papilionat (ex. *Pisum*).

Se cunosc şi cazuri de flori apetale sau ahlamideice (ex. *Juglans, Quercus, Fagus, Betula, Carpinus, Alnus* ş.a.).

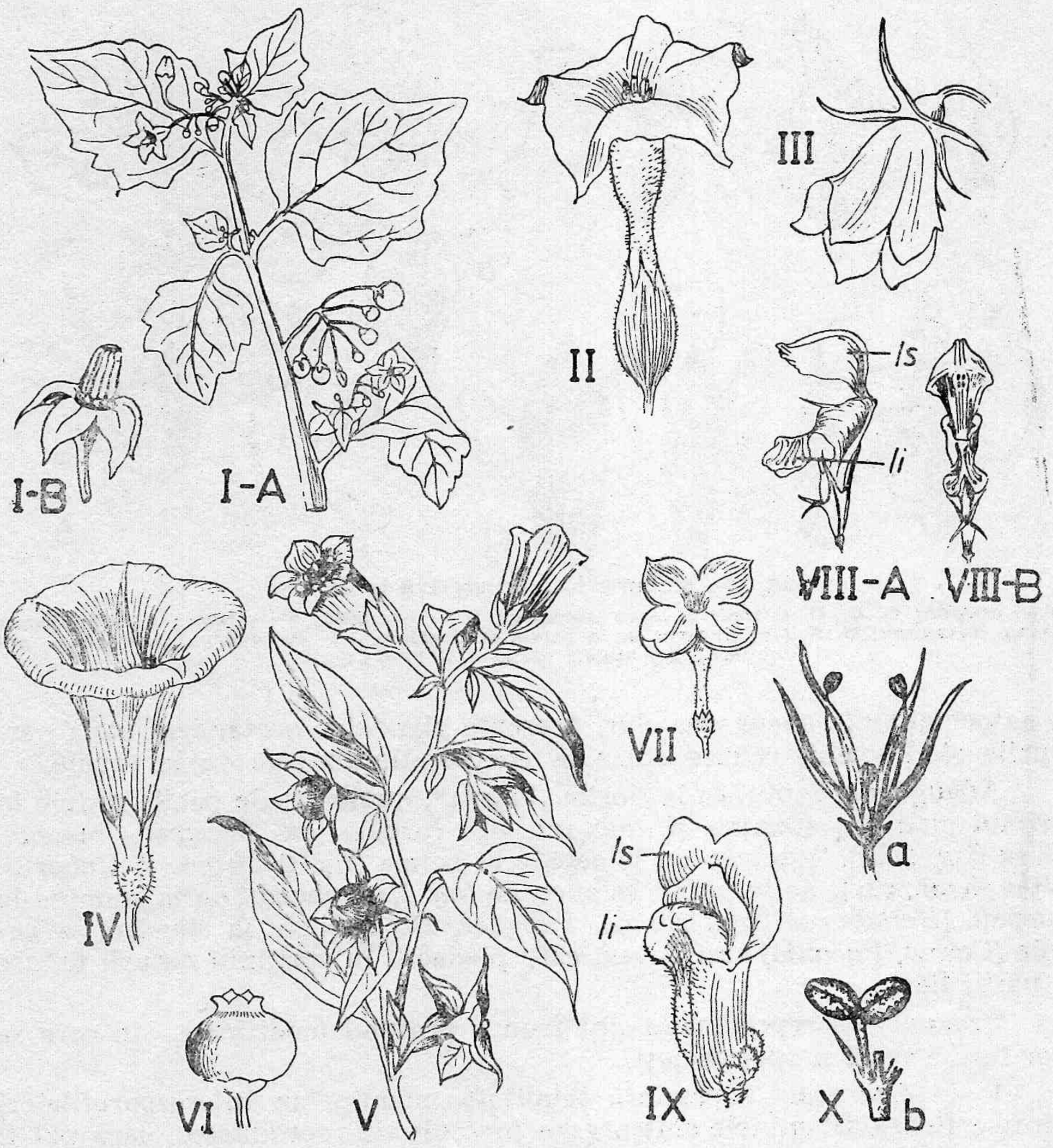


Fig. 258. Tipuri de corolă:

I — gamopetală actinomorfă și rotată, la *Solanum tuberosum* (*A* — ramură cu frunze și flori; *B* — o floare); *II* — gamopetală actinomorfă și tubuloasă, la *Nicotiana tabacum*; *III* — gamopetala actinomorfă campanulată, la *Campanula rotundifolia*; *IV* — infundibuliformă, la *Calystegia sepium*; *V* — urceolată, la *Atropa belladona*; *VI* — urceolată, la *Vaccinium myrtillus*; *VII* — hipocrateriformă, la *Syringa vulgaris*; *VIII* — gamopetală zigomorfă, la *Lamium maculatum* (*A* — floare din profil; *B* — floare văzută din față); *IX* — gamopetală zigomorfă personată, la *Antirrhinum majus*; *X* — floare apetală (ahlamideică), la *Fraxinus* sp. (*a* — *F. ornus* — floare hermafrodită; *b* — *F. excelsior* — floare masculă); *li* — labiul inferior; *ls* — labiul superior (*I, V, VIII*: după I. Todor; *II, III, IV, VI, VII*: după I. Grințescu; *IX*: după M. Răvăruț și colab.; *X*: după Strasburger).

Florile la care caliciul nu diferă de corolă se numesc homohlamideice, iar cele la care caliciul diferă net de corolă se numesc heterochlamideice.

Structura petalelor seamănă în general cu a unei frunze obișnuite, dar prezintă și trăsături specifice : existența papilelor secretoare (îndeosebi pe epiderma superioară), lipsa cloroplastelor, prezența carotenoidoplastelor sau

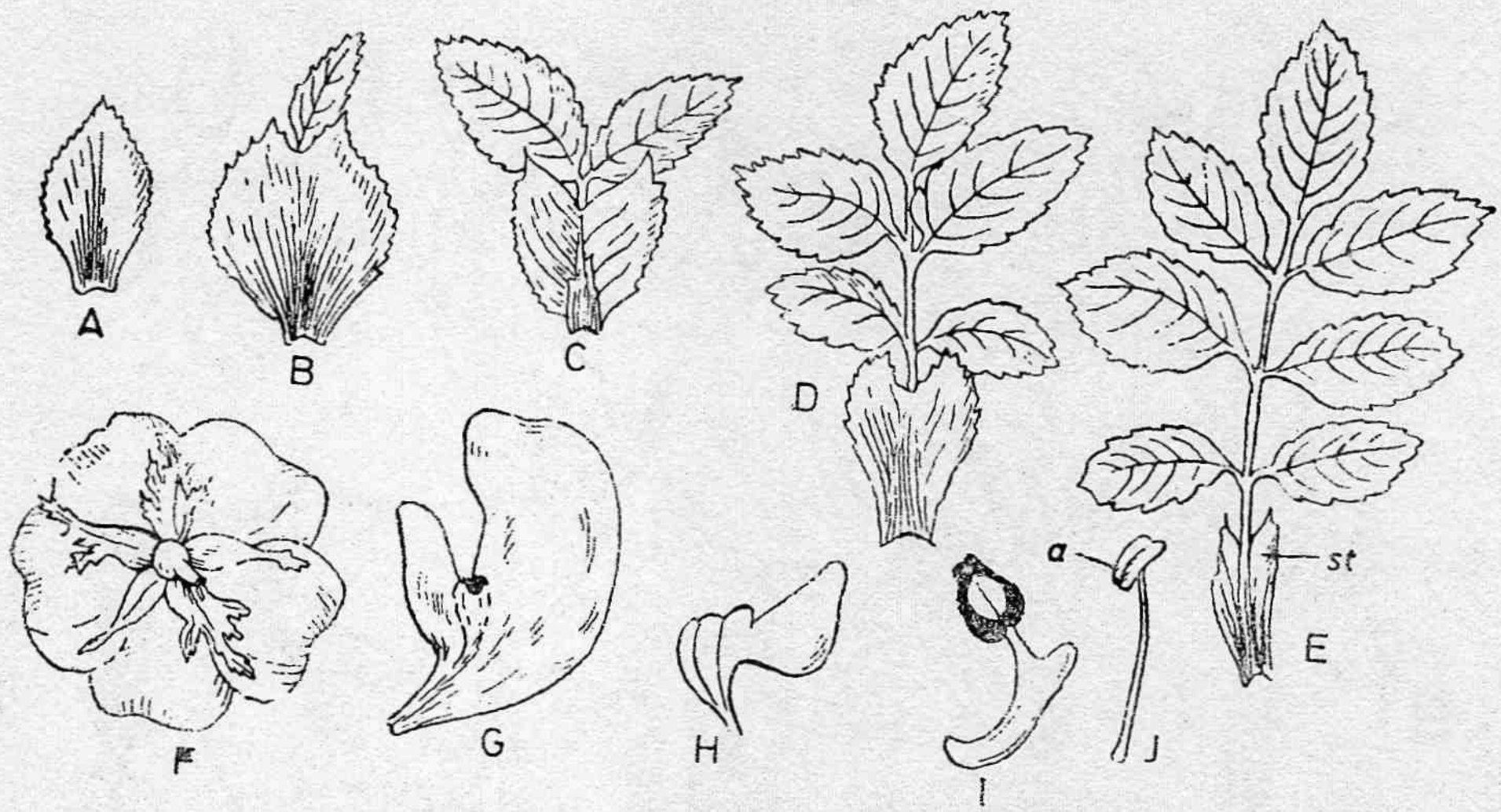


Fig. 259. Metamorfoza progresivă la *Rosa* sp.:

A — catafilă; *B, C, D* — trecerea spre nomofile; *E* — nomofilă; *F* — floare văzută dinspre partea inferioară; *G, H, I* — trecerea de la petale la stamine; *J* — stamină cu anteră; *a* — anteră; *st* — stipelă (după I. Ciobanu).

a antocianilor în sucul vacuolar, prezența glandelor nectarifere etc.; nervurile sînd vizibil reduse chiar în comparație cu cele de la sepale.

Adăugăm și faptul că la florile „bătute", numeroasele petale provin în primul rînd din stamine și, mai rar, din carpele [ex. *Papaver, Paeonia, Rosa* (fig. 259)]. Trecerea de la sepale la petale (fig. 260) (ex. *Helleborus, Nymphaea,* ș.a.), de la petale la stamine (ex. *Nymphaea*), de la stamine la carpele [*Helleborus* (fig. 260, A), *Papaver, Rosa*] și de la stamine la petale *(Canna, Paeonia)* sînt dovezi care pledează în sprijinul naturii foliare a părții florii.

Organele de reproducere sînt frunze profund modificate, în care se vor forma spori și apoi gameți.

1. — *Androceul* reprezintă totalitatea staminelor (microsporofilelor) dintr-o floare. Staminele sînt organe mascule de reproducere, care pot fi dispuse *helicoidal,* ca la *Magnoliaceae, Ranunculaceae,* caz în care vorbim de o poliandrie primară, sau verticilat, obișnuit în unul (haplostemonie) sau două (diplostemonie) cicluri, rareori în mai multe (polistemonie).

Stamina (fig. 261) este alcătuită din două părți : una sterilă, *filamentul* și alta fertilă, *antera* ; regiunea în care antera se inseră pe filament poartă numele de *conectiv.*

În mod obișnuit *filamentul* este lung și cilindric, reprezentînd pețiolul frunzei modificate ; rareori este lat, ca la *Nymphaea alba.* În cele mai multe cazuri filamentul este simplu ; excepție fac doar puține plante, cum ar fi *Ricinus communis, Corylus avellana,* la care filamentul se bifurcă și, respectiv, se ramifică de mai multe ori.

În aceeași floare, filamentele staminelor pot fi egale sau inegale ca lungime ; în cazul din urmă androceul poate fi *didinam* (cu două stamine lungi și două scurte), ca la *Scrophulariaceae* (ex. *Antirrhinum majus*) sau

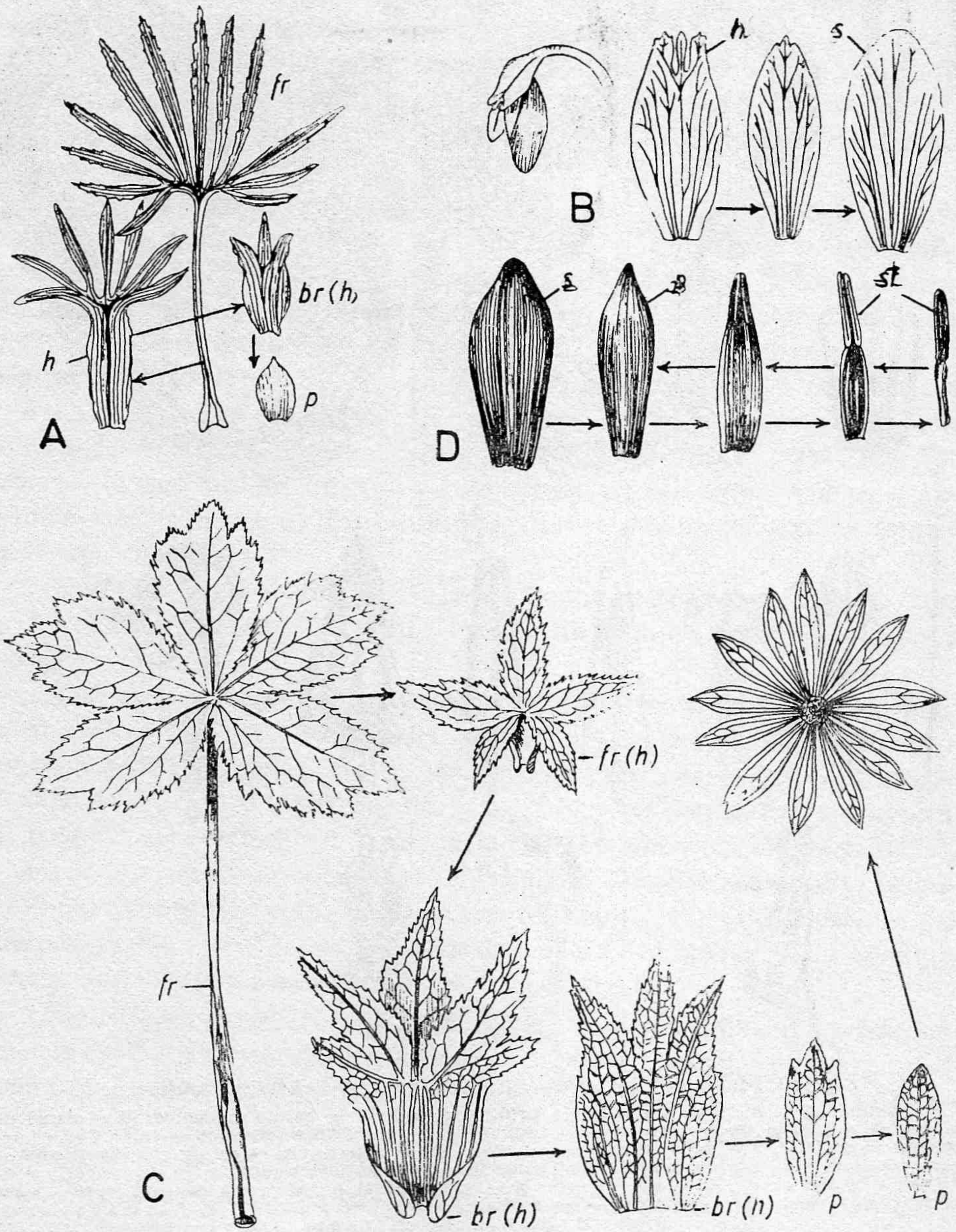


Fig. 260. Metamorfoze progresive :

Helleborus sp. (*A* — trecerea de la nomofile la hipsofile; *B* — trecerea de la hipsofile la sepale) *Astrantia major* (*C* — trecerea de la nomofile la hipsofile și la sepale) și *Nymphaea alba* (*D* — trecerea de la sepale la stamine); *br* — bractee; *fr* — frunză; *h* — hipsofilă; *p* — pariant; *s* — sepală; *st* — stamină (*A*, *B* : după Strasburger; *C* : după Troll; *D* : după Bonnier).

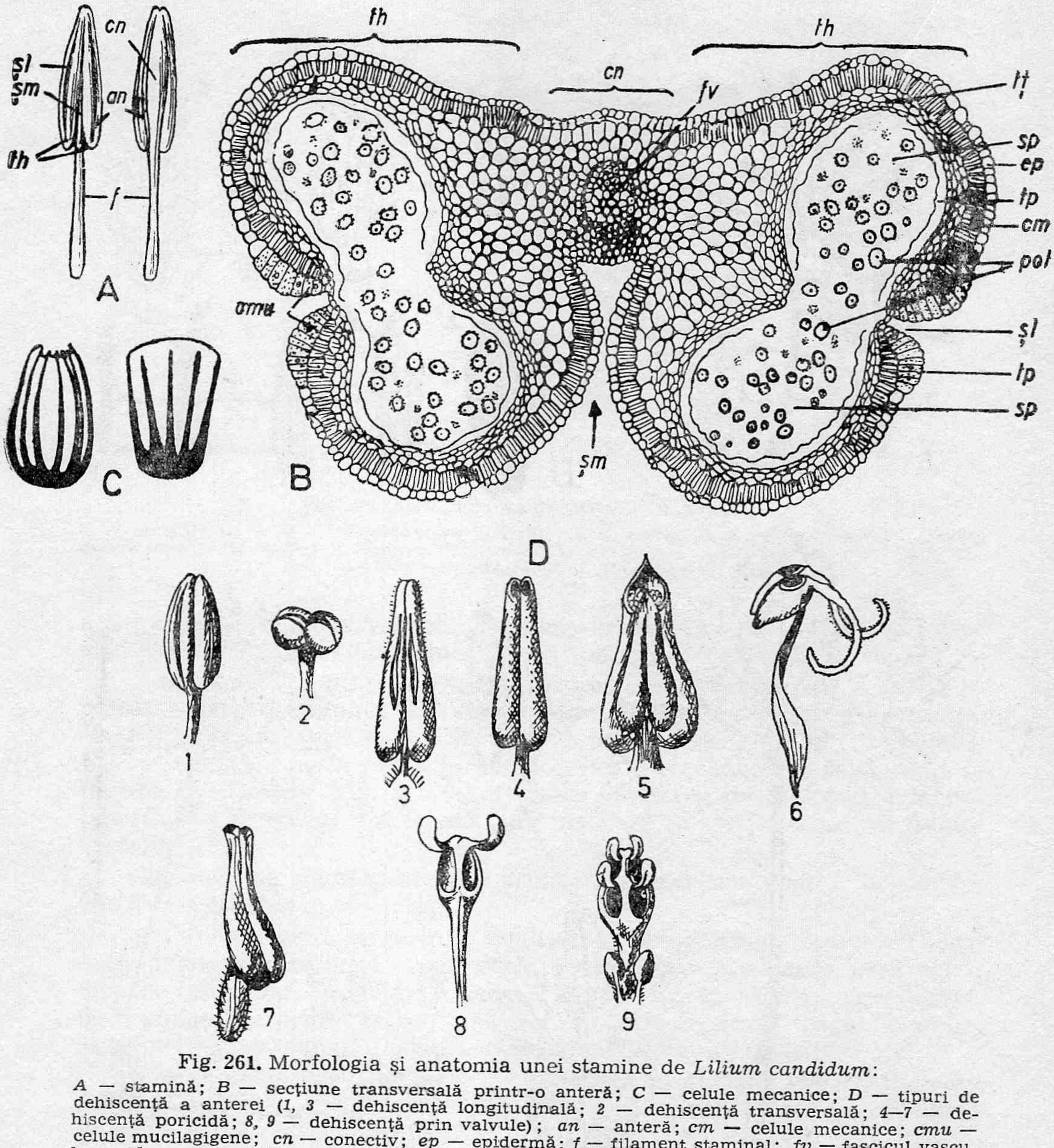


Fig. 261. Morfologia și anatomia unei stamine de *Lilium candidum*: *A* — stamină; *B* — secțiune transversală printr-o anteră; *C* — celule mecanice; *D* — tipuri de dehiscență a anterei (*1, 3* — dehiscență longitudinală; *2* — dehiscență transversală; *4—7* — dehiscență poricidă; *8, 9* — dehiscență prin valvule); *an* — anteră; *cm* — celule mecanice; *cmu* — celule mucilagigene; *cn* — conectiv; *ep* — epidermă; *f* — filament staminal; *fv* — fascicul vascular; *pol* — polen tînăr; *sp* — sac polenic; *șl* — șanț lateral (locul de dehiscență); *șm* — șanț median; *th* — teca; *tp* — tapet; *țt* — țesut tranzitoriu (*A—C* : după I. T. Tarnavschi și colab.; *D* : după I. Grințescu).

Labiatae (ex. *Lamium album* — sugelul alb), *tetradinam* (cu patru stamine lungi și două scurte), ca la *Cruciferae* (ex. *Brassica oleracea* etc.).

După relația dintre stamine, androceul poate fi *dialistemon* (cu stamine libere) sau *gamostemon* (cu stamine unite, mai adesea prin filamente) : monadelf (staminele formează un singur mănunchi), ca la *Mal-*

vaceae, diadelf ca la *Leguminosae*, triadelf ca la *Hypericaceae*, poliadelf ca la *Citrus limon* ; în unele cazuri concreșterea are loc numai între antere, fenomen numit sinanterie și întîlnit la *Compositae*.

După relația dintre stamine și alte piese florale deosebim : stamine care se inseră pe receptacul (caz obișnuit) și stamine care concresc prin filamentele lor cu tubul corolei gamopetale (ca la *Solanaceae*, *Primulaceae*, *Labiatae* etc.).

Numărul staminelor dintr-o floare este destul de constant și caracteristic pentru o anumită specie : 1 la *Hippuris*, 2 la *Syringa*, 3 la *Gramineae*, 4—5 la cele mai multe *Dicotyledonatae*. Acest număr se poate modifica, fie prin reducere (ca la *Umbelliferae* și majoritatea plantelor cu flori gamopetale), fie prin dublare, fenomen numit poliandrie secundară (ca la *Myrtaceae*, *Hypericaceae*). În sfîrșit, uneori staminele devin complet sterile și atunci se numesc *staminodii*, ca la *Canna indica* (unde din cele 5 stamine 4 devin staminodii colorate, iar una rămîne fertilă) sau *Trollius*, *Helleborus*, la care staminodiile au rol de organe nectarigene. Cînd toate staminele dintr-o floare devin staminodii, floarea devine unisexuată femelă, ca la *Lychnis dioica*.

Structura filamentului este asemănătoare cu cea a unui peţiol cilindric, avînd un fascicul conducător format din puţine elemente liberiene și lemnoase.

A n t e r a este partea fertilă a staminei, formată de regulă din două părţi numite loje sau *tece*, fiecare din ele cu doi saci polenici (microsporangi) (fig. 261). După dispoziţia lor pe filament anterele pot fi : *introrse*, cu sacii polenici spre interiorul florii, ca la *Mentha* (ismă), *extrorse*, cu sacii polenici spre exteriorul florii, ca la *Iris* și *oscilante*, care se prind de filament într-un singur punct, ca la *Triticum*. Deschiderea anterei la maturitate se poate face prin crăpături longitudinale (ca la majoritatea angiospermelor) sau transversale, ori prin orificii situate apical (ca la *Solanum tuberosum*) și valve (ca la *Lauraceae*, *Berberidaceae*).

Dezvoltarea și structura anterei. Antera ia naștere dintr-un *primordiu* care se dezvoltă pe receptaculul florii, în apexul tulpinii, pe seama meristemului „în așteptare“ (conform teoriei inelului inițial a lui P l a n t e f o l și B u v a t). În secţiune transversală un astfel de primordiu are contur trapezoidal și este alcătuit dintr-un *ţesut meristematic* omogen, protejat de epidermă (exoteciu). Pe seama celulelor hipodermice din cele patru colţuri ale trapezului, prin diviziuni tangenţiale se diferenţiază ţesuturile definitive ale anterei. Mai întîi se individualizează 4 celule inițiale ale sacilor polenici (fig. 262). Fiecare celulă inițială se divide tangenţial, rezultînd o celulă externă parietală și una internă sporogenă. Celula externă se divide de două ori succesiv și rezultă peretele anterei (alcătuit din stratul mecanic sau endoteciul, stratul tranzitoriu și stratul tapet). Celula sporo-

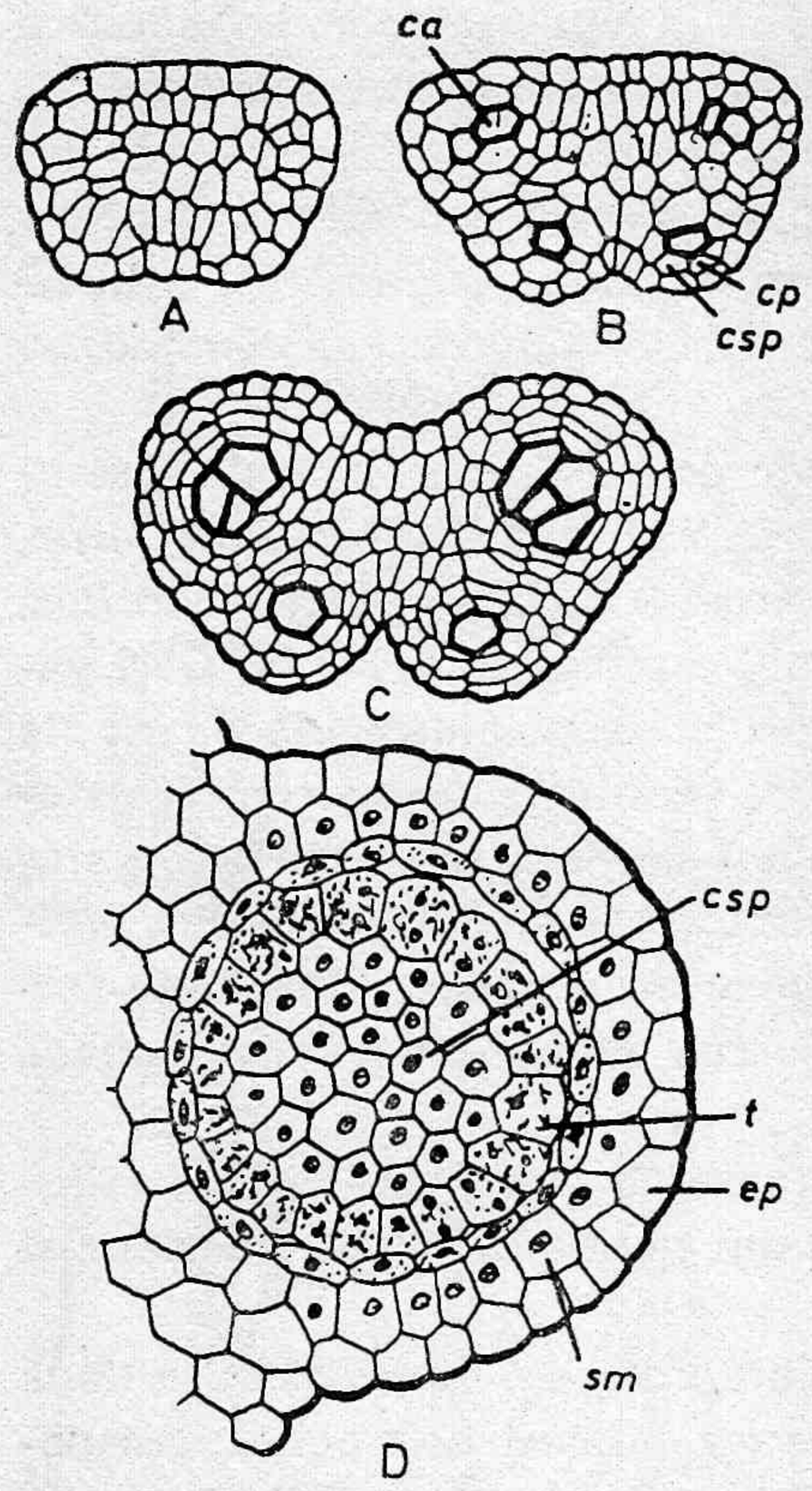


Fig. 262. Începutul diferențierii sacilor polenici în antera tînără:

A — anteră tînără, nediferențiată; *B* — celule arhesporiale, care apar în cele patru unghiuri ale anterei; *C* — celule parietale, care alcătuiesc deja trei straturi; *D* — secțiune transversală prin anteră, într-un stadiu mai avansat; *ca* — celule arhesporiale; *cp* — celule parietale; *csp* — celule sporogene; *ep* — epidermă; *sm* — strat mecanic; *t* — tapet (după D e y s s o n).

genă, prin diviziuni repetate dă naștere țesutului sporogen sau arhesporiului, alcătuit din celule-mame ale grăuncioarelor de polen.

Microsporogeneza (fig. 262). Fiecare celulă-mamă diploidă a țesutului sporogen, prin meioză dă naștere la o tetradă de microspori haploizi, numiți *grăuncioare de polen*. Pereții despărțitori dintre cei patru microspori apar fie simultan, la *Dicotyledonatae*, fie succesiv, la *Monocotyledonatae*. După acest proces peretele celulei-mamă se dizolvă și grăuncioarele de polen se dispersează în sacul polenic, nutrindu-se cu lichidul sau periplasmodiul rezultat din stratul tapet.

Evoluția ulterioară a grăuncioarelor de polen poartă numele de *dezvoltarea gametofitului mascul*. În această stare, grăuncioarele de polen urmează să părăsească antera prin deschiderea ei, ușurată tocmai de structura stratului mecanic și provocată de uscăciunea aerului : pierzînd apă, celulele stratului mecanic își contractă mai mult pereții externi (subțiri) decît cei interni sau laterali (îngroșați și lignificați) ; ca urmare a acestui fapt, ia naștere o tensiune în țesuturile anterei și rezultatul este ruperea peretelui acesteia pe linia de minimă rezistență.

Grăuncioarele de polen. Forma, mărimea și diferitele ornamentații ale peretelui grăuncioarelor de polen variază mult la *Angiospermae*. Mărimea medie variază între 15 și 50 μ ; la *Cucurbita pepo* dimensiunea grăuncioarelor de polen poate ajunge la 150—200 μ diametru.

În mod obișnuit grăuncioarele de polen părăsesc antera izolat ; la unele plante, însă, polenul se răspîndește grupat în tetrade (fig. 263, A) (ex. *Ericaceae*, *Typha*) sau chiar formează glomerule mai mari, iar la *Orchidaceae* și *Asclepiadaceae* toate grăuncioarele dintr-o lojă se grupează într-o formațiune măciucată numită *polinie* (fig. 263, B, C).

Un grăuncior de polen matur este alcătuit dintr-un înveliș (perete) dublu și conținutul viu (fig. 264). *Învelișul dublu* este reprezentat printr-o pătură externă, groasă, formată din celuloză, cutină și polenină, numită *exină* (avînd la suprafață o serie de figuri sculpturale sub formă de spini, colpi, creste, umflături, rețea, adînciturі, șanțuri și pori ; prin unul din

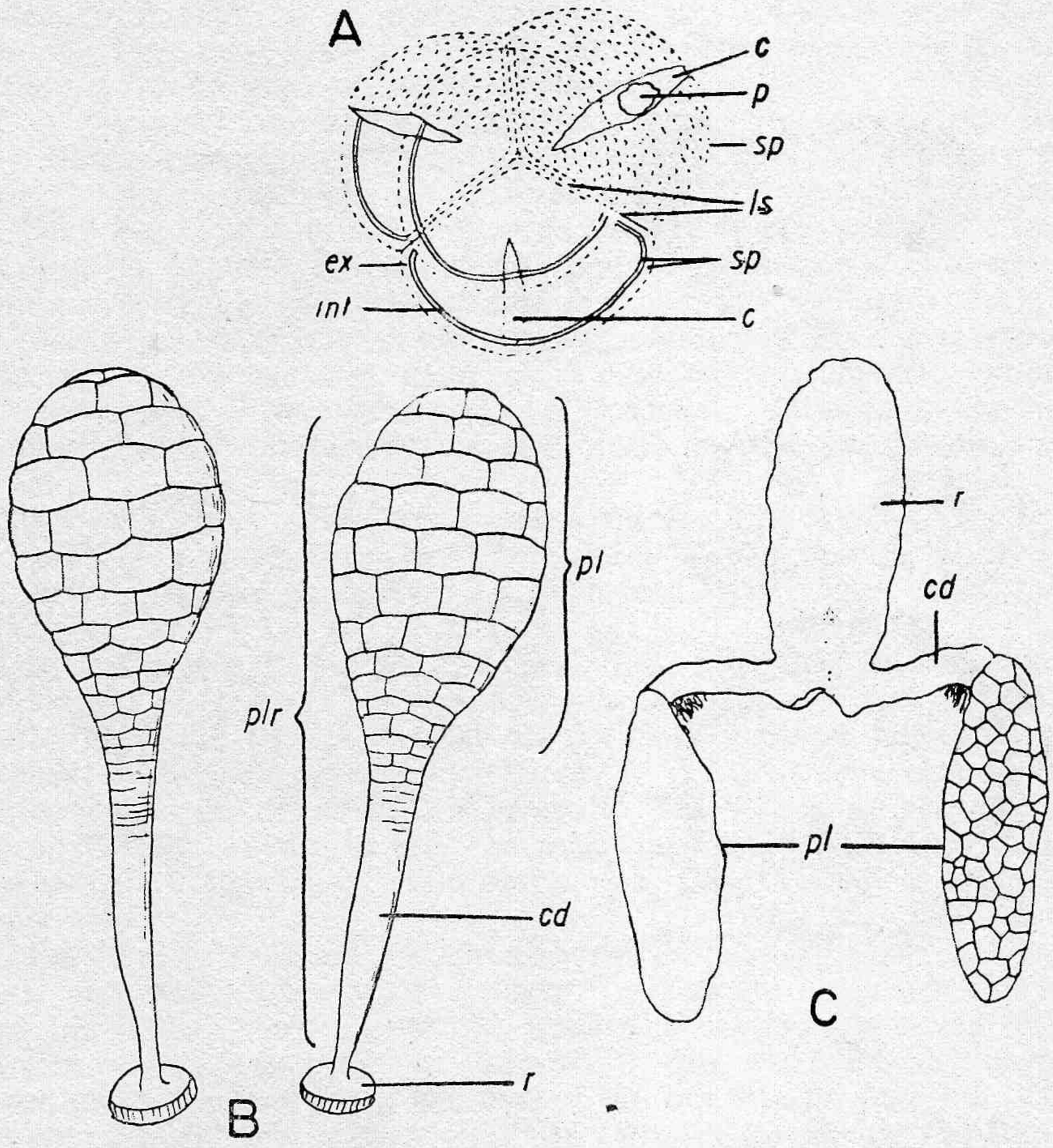


Fig. 263. Tipuri de polen:

A — tetradă de polen la *Sedum palustris* (*A*) ; polinarii la *Orchis maculata* (*B*) și *Cynanchum vincetoxicum* (*C*); *c* — colp; *cd* — caudiculă; *ex* — exină; *int* — intină; *ls* — linia de sutură a grăuncioarelor de polen; *p* — por; *pl* — polinie; *plr* — polinariu; *r* — retinacul; *sp* — sporodermă (*A :* după I. T. Tarnavschi și colab.; *B :* după I. Grințescu; *C :* după G. Șerbănescu-Jitariu și I. T. Tarnavschi).

aceştia va ieși tubul polenic) și o pătură internă, subțire, celulozică, numită *intină* (care va forma mai tîrziu tubul polenic).

Cercetările efectuate la microscopul electronic au arătat că sub plasmalema celulei-mamă a grăunciorului de polen urmează un strat subțire, alcătuit din material fibrilar, numit *primexina,* în care se distinge ectexina și endexina, după care urmează intina, multistratificată.

Conținutul viu al grăuncioarelor de polen mature este reprezentat prin citoplasmă și doi nuclei haploizi, care curînd se înconjură cu citoplasmă și membrană subțire de natură proteică, devenind : *celula vegetativă* (mai mare) și *celula generativă* (mai mică, lenticulară) ; aceasta din urmă va da naștere, prin diviziune, la doi gameți masculi imobili, numiți încă și *spermatii* sau nuclei spermatici.

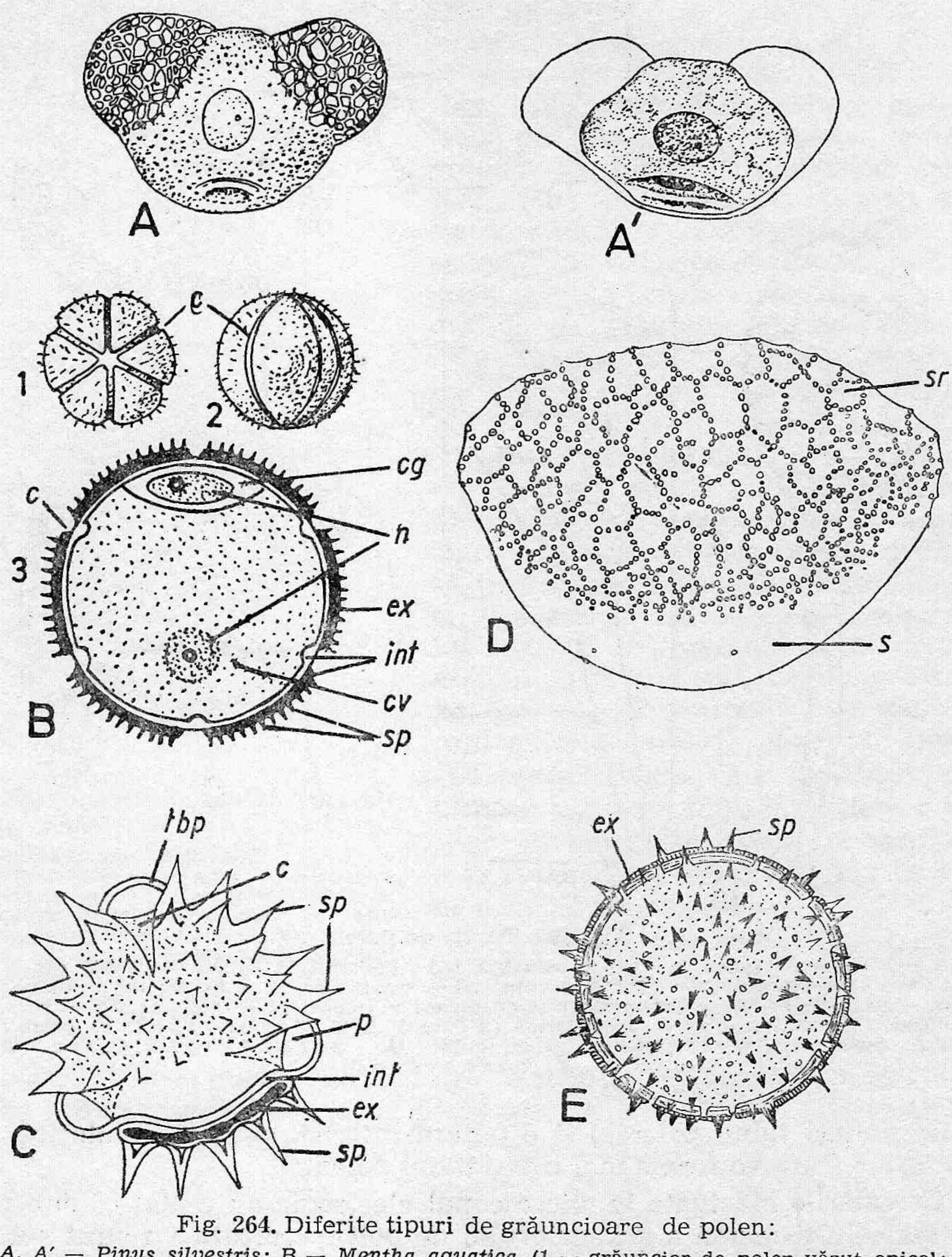


Fig. 264. Diferite tipuri de grăuncioare de polen:

A, A' — *Pinus silvestris*; *B* — *Mentha aquatica* (*1* — grăuncior de polen văzut apical; *2* — grăuncior de polen văzut din profil; *3* — grăuncior de polen văzut în secțiune optică); *C* — *Helianthus annuus*; *D* — *Lilium candidum*; *E* — *Malva silvestris*; *c* — colp; *cg* — celulă generativă; *cv* — celulă vegetativă; *ex* — exină; *int* — intină; *n* — nucleu; *p* — por; *s* — sulcus (apertură); *sp* — spini; *sr* — sporodermă reticulată; *tbp* — început de tub polenic (*A, A'*: după Strasburger; *B*: după Bonnier; *C, D, E*: după I. T. Tarnavschi și colab.).

Celula vegetativă este omoloagă cu microprotalul, iar cea generativă cu anteridia. Așadar, cu un protal unicelular și o anteridie unicelulară (în care se vor forma doi gameți imobili), *gametofitul* mascul de la *Angiospermae* a atins un grad extrem de reducere.

2. — *Gineceul* reprezintă totalitatea carpelelor (macrosporofilelor) dintr-o floare. Carpelele sînt organele femele de reproducere, care pot fi dispuse ciclic sau spirociclic (ex. *Magnoliaceae, Ranunculaceae*) pe receptacul. Gineceul rezultă din concrețterea carpelelor prin marginile lor, reprezentînd un organ nou, caracteristic pentru *Angiospermae*, în care vor fi închise ovulele. Carpela este formată din ovar, stil și stigmat.

Gineceul poate fi format dintr-o singură carpelă (ex. *Leguminosae*) sau din mai multe carpele : două (ex. *Umbelliferae, Labiatae, Boraginaceae, Compositae, Gramineae*), trei (ex. *Iridaceae, Liliaceae*), cinci (ex. *Caryophyllaceae, Primulaceae*) sau mai multe (ex. *Ranunculaceae*, multe *Rosaceae*).

Gineceul monocarpelar este întotdeauna și monolocular ; cel pluricarpelar poate fi : monolocular (ex. *Viola, Primula*) sau plurilocular, cu atîți loculi cîte carpele au concrescut la formarea gineceului (ex. *Lilium, Tulipa* ș.a.).

Într-o floare carpelele pot fi libere (fig. 265) (ex. *Ranunculaceae, Crassulaceae, Rosaceae*) și gineceul se numește *apocarp* (fiecare carpelă alcătuind un pistil) sau unite între ele (ca la majoritatea angiospermelor) și gineceul se numește *cenocarp* (sincarp) ; în acest caz concrețterea carpelelor poate avea loc numai la baza ovarului (ex. *Nigella* — negrușcă, *Colchicum*), în lungul ovarului (ex. *Caryophyllaceae, Umbelliferae*), sau în lungul ovarului, stilului și stigmatului (ex. *Geraniaceae* și majoritatea gamopetalelor).

După felul în care are loc concrețterea carpelelor, gineceul *cenocarp* poate fi : eusincarp, paracarp și lisicarp. La gineceul *eusincarp* concrețterea are loc pînă în centrul ovarului, împărțind cavitatea acestuia în atîția loculi cîte carpele îl compun (ex. *Lilium*) ; la gineceul *paracarp* carpelele concresc doar prin marginile lor, ovarul rămînînd unilocular (ex. *Viola*) ; la gineceul *lisicarp* (cel mai răspîndit la *Caryophyllaceae* și *Primulaceae*) în ovar se formează tot un singur locul, în centrul căruia se află o coloană de țesut placentar (acest tip de gineceu derivă din cel eusincarp, la care pereții ce uneau centrul ovarului cu peretele acestuia au dispărut).

Placentația este modul în care sînt dispuse placentele în ovar.

Placenta sau țesutul placentar este porțiunea din peretele ovarului de care se prind ovulele. La gineceul de tip monocarpelar placentația poate fi (fig. 266) marginală, laminală (mediană) și parietală, după cum ovulele se prind la marginile sudate ale carpelei, la mijlocul carpelei sau pe pereții interiori ai cavității ovariene. La gineceul pluricarpelar placentația variază în funcție de felul în care s-au sudat carpelele componente. Astfel, la gineceul eusincarp placentația este *axilară* (țesutul placentar se află spre centrul ovarului, ca o axă purtătoare de ovule), la gineceul paracarp este *parietală* (țesutul placentar se află pe peretele ovarului, în punctele de sudură a carpelelor) iar la cel lisicarp, *centrală* (țesutul placentar formează o coloană în centrul ovarului) (fig. 267).

Părțile componente ale carpelei sînt : ovarul, stilul și stigmatul. *Ovarul* este partea cea mai importantă a carpelei, a gineceului în general, în

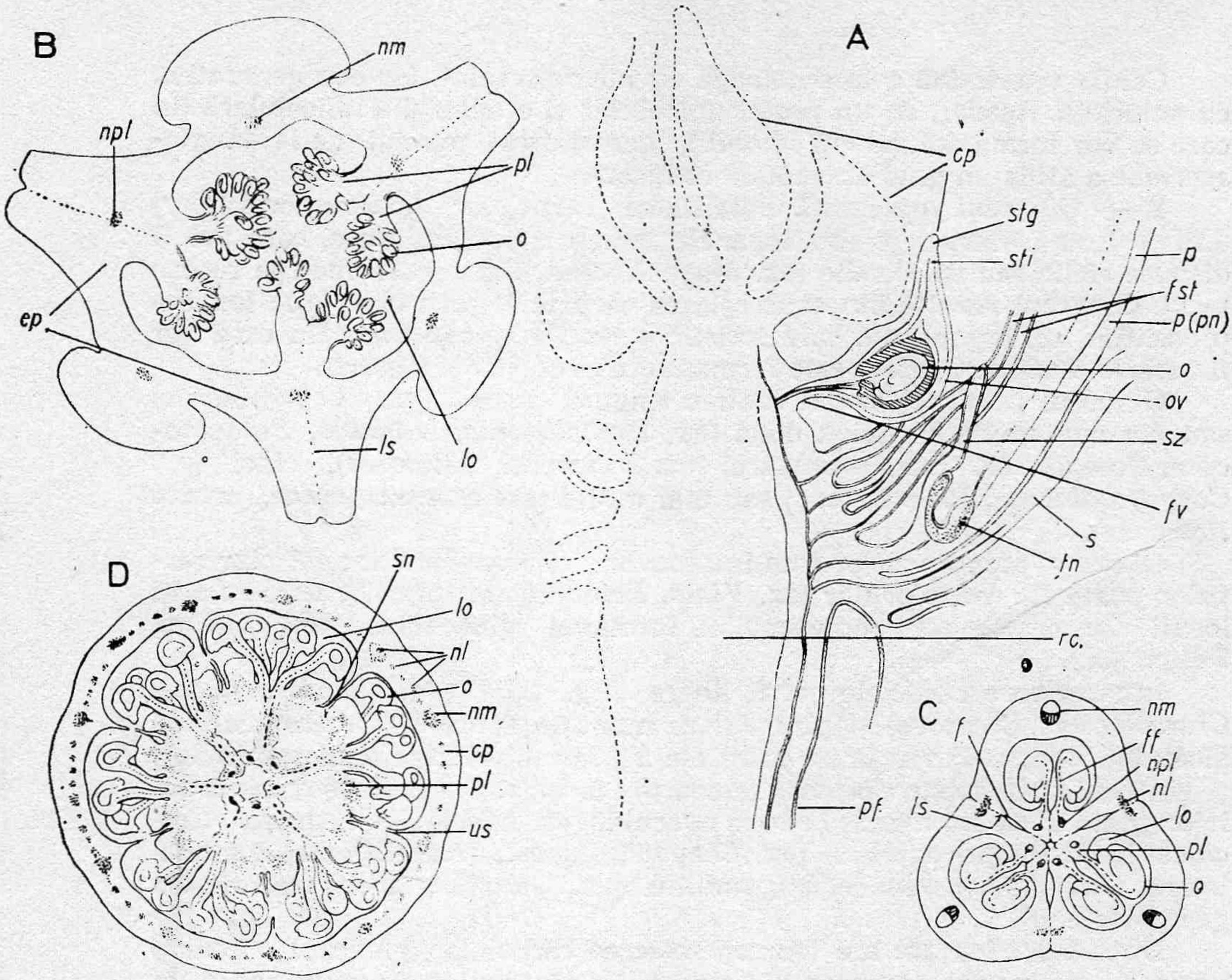


Fig. 265. Tipuri de gineceu:

A — apocarp (*Ranunculus* sp.); *B* — paracarp (*Orchis purpurea*); *C* — eusincarp (*Lilium candidum*); *D* — lisicarp (*Melandrium album*); *cp* — carpelă; *f* — fantă pe linia de sutură; *ff* — fasciculul funiculului; *fst* — filamente staminale; *fv* — fascicul vascular; *lo* — locul ovarian; *ls* — linia de sutură; *nl* — nervură laterală; *nm* — nervură mediană; *npl* — nervură placentară; *o* — ovul; *ov* — ovar; *p* — petală; *pf* — peduncul floral; *pl* — placentă; *pn* — portnectariu; *rc* — receptacul; *s* — sepală; *sn* — septum neresorbit; *stg* — stigmat; *sti* — stil; *sz* — solz nectarifer; *țn* — țesut nectarifer; *us* — urme ale septelor (după I. T. Tarnavschi și colab.).

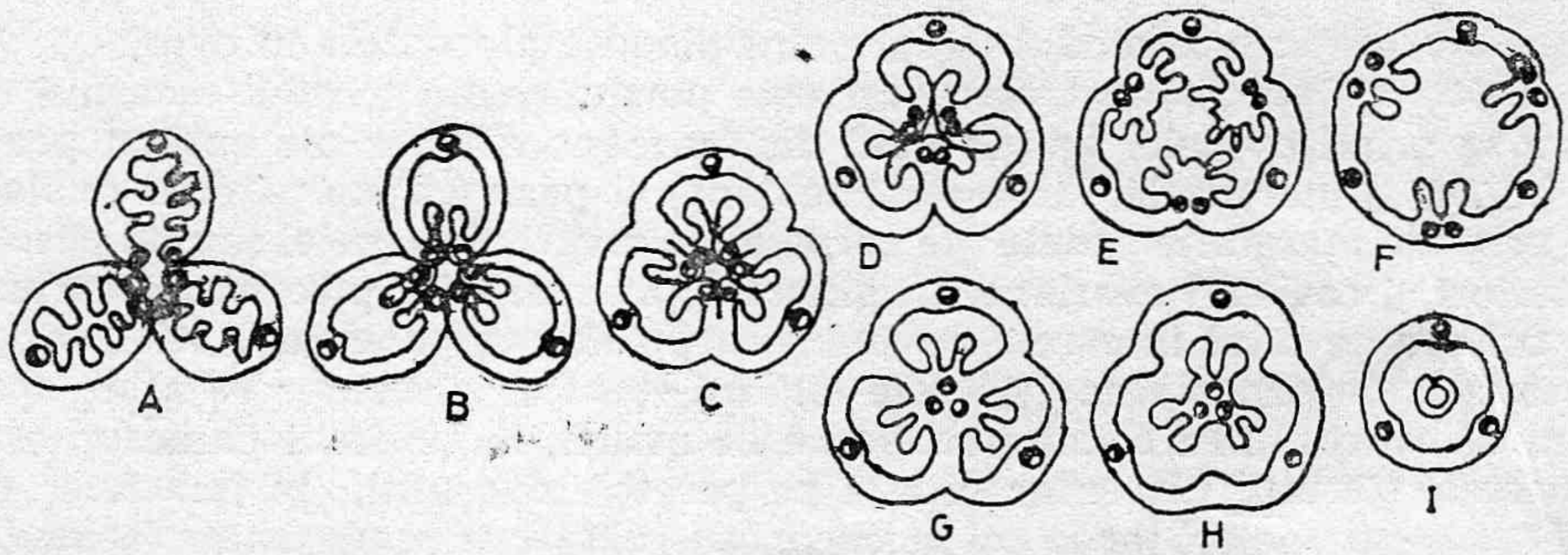


Fig. 266. Placentația la diferite tipuri de gineceu și legăturile filogenetice probabile (secțiuni transversale prin zona fertilă a ovarului):

A—D — placentație centrunghiulară; *E—G* — placentație parietală; *H—I* — placentație centrală (după Strasburger).

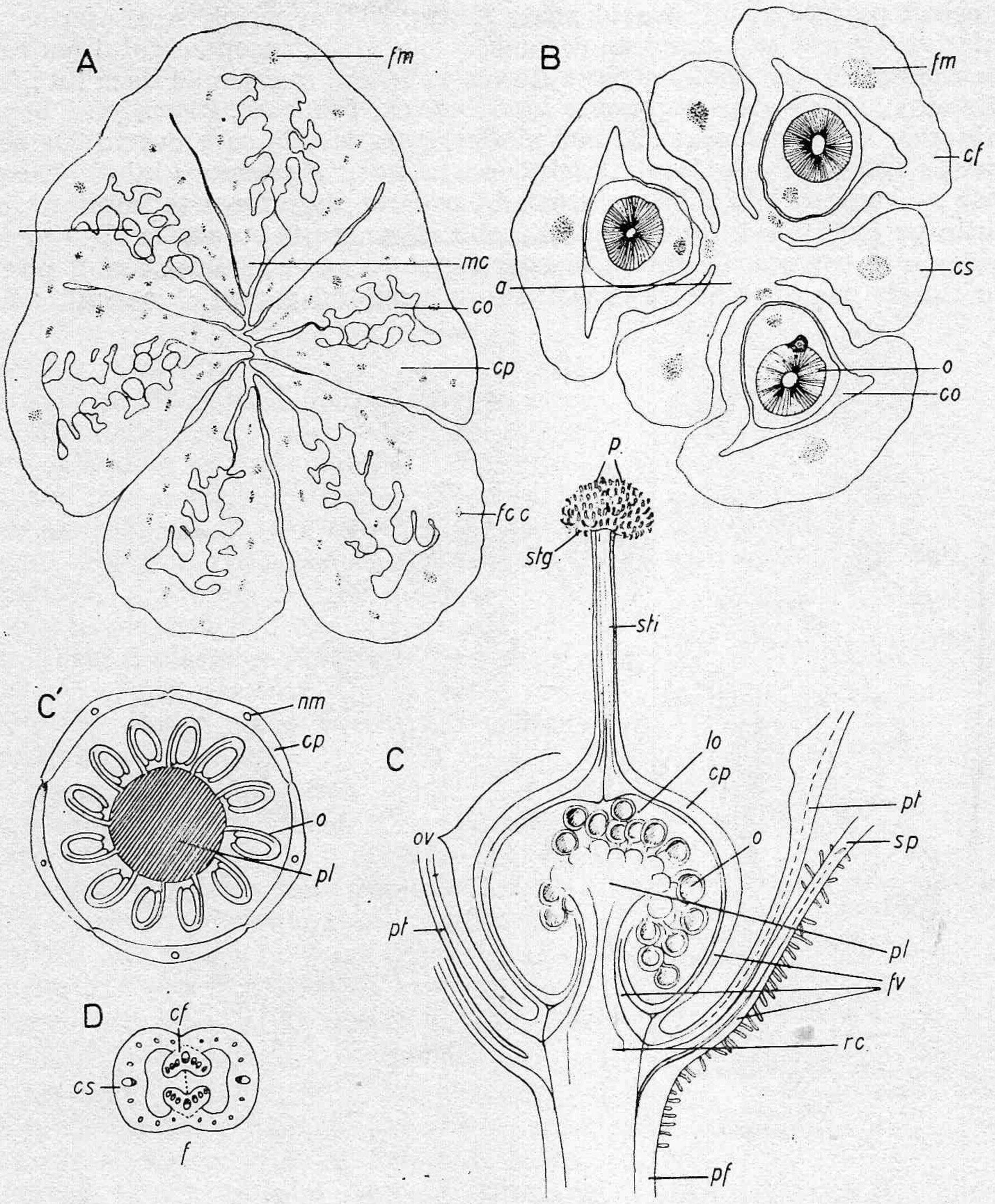


Fig. 267. Tipuri de placentație:
A — parietal-marginală *(Butomus umbellatus)*; *B* — parietal-marginală *(Triglochin palustre)*; *C* — secțiune longitudinală prin gineceu, cu placentație bazală *(Primula obconica)*; *C'* — secțiune transversală prin ovar, cu placentație bazală *(Primula obconica)*; *D* — parietal-marginală *(Cruciferae)*; *a* — axă; *cf* — carpelă fertilă; *co* — cavitate ovariană; *cp* — carpelă; *cs* — carpelă sterilă; *fcc* — fascicul conducător al carpelei; *fm* — fascicul median; *fv* — fascicul vascular; *lo* — locul ovarian; *mc* — marginile carpelei; *nm* — nervură mediană; *o* — ovul; *ov* — ovar; *p* — papile; *pf* — peduncul floral; *pl* — placentă; *pt* — petală; *rc* — receptacul; *sp* — sepală; *stg* — stigmat; *sti* — still (*A, B* : după G. Șerbănescu-Jitariu; *C* : după I. T. Tarnavschi și colab.; *D* : după I. Morlova).

loculii căruia se organizează ovulele (macrosporangii), purtătoare de sac embrionar (macrospor), în care se va forma oosfera. După poziţia pe care o ocupă pe receptacul, ovarul poate fi (fig. 268) superior, semiinferior şi inferior. *Ovarul superior* este acela situat în vîrful receptaculului (cu care nu concreşte), iar celelalte piese florale se inseră mai jos de baza lui ; florile cu astfel de ovar se numesc *hipogine* (ex. *Liliaceae, Cruciferae, Leguminosae, Ranunculaceae*). Există şi flori *perigine,* la care ovarul (de asemenea superior) este implîntat într-o scobitură a receptaculului, cu care însă nu concreşte (ex. *Prunoideae*). *Ovarul semiinferior* este implîntat cel puţin pe jumătate în receptacul scobit şi concreşte cu acesta. *Ovarul inferior* este complet implîntat şi concrescut cu receptacul ; restul pieselor florale par că se inseră la vîrful receptaculului şi deci al ovarului ; flo-

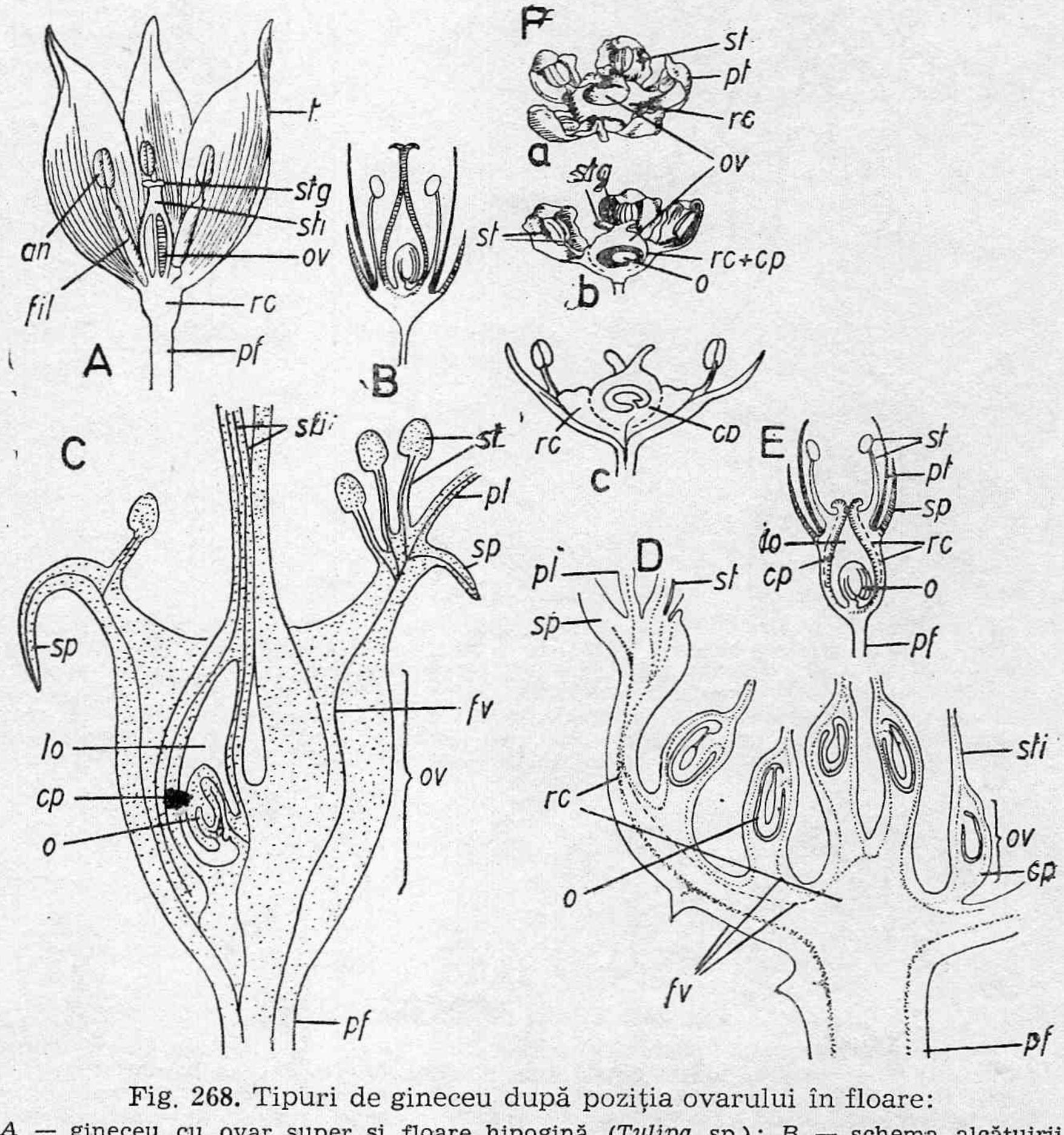


Fig. 268. Tipuri de gineceu după poziţia ovarului în floare:

A — gineceu cu ovar super şi floare hipogină (*Tulipa* sp.); *B* — schema alcătuirii florii hipogine; *C* — gineceu cu ovar infer şi floare epigină (*Pyrus, Malus*); *D* — gineceu cu ovar infer şi floare epigină (*Rosa sp.*); *E* — schema alcătuirii florii epigine; *F* — gineceu cu ovar semiinfer şi floare perigină (*Beta vulgaris : a* — floare văzută apical; *b* — floare văzută în secţiune longitudinală; *c* — schema alcătuirii florii perigine); *an* — anteră; *cp* — carpelă; *fil* — filament staminal; *fv* — fascicul vascular; *lo* — locul ovarian; *o* — ovul; *ov* — ovar; *pf* — peduncul floral; *pl (pt)* — petală; *rc* — receptacul; *sp* — sepală; *st* — stamină; *stg* — stigmat; *sti* — stil; *t* — tepală (*A, B :* după I. Grinţescu; *C :* după Kiseleva; *D, E, F :* după I. T. Tarnavschi şi colab.).

rile cu astfel de ovar se numesc *epigine* și caracterizează familiile mai evoluate de *Angiospermae* (ex. *Cucurbitaceae, Campanulaceae, Compositae*, unele *Rosaceae).*

Structura ovarului este relativ asemănătoare cu cea a frunzei. La gineceul monocarpelor de la *Leguminosae* structura ovarului seamănă cu cea a unei frunze care are marginile răsucite și sudate, lăsînd în interior o cavitate ovariană în care proeminează ovulele. La gineceul pluricarpelor cenocarp ovarul prezintă (fig. 269) două epiderme (una externă și alta internă), între care se află mezofilul de tip parenchimatic, omogen și în care sînt implîntate fasciculele conducătoare libero-lemnoase de tip colateral (cu liberul orientat spre exterior) : mediane (corespunzător nervurii mediane a fiecărei carpele) și laterale (corespunzător locurilor de sudură a carpelelor). Epiderma internă învelește locul sau locului ovarieni (în care se află ovulele). Țesutul placentar, indiferent de poziția pe care o ocupă, prezintă și el fascicule conducătoare, numite placentare, avînd liberul orientat spre interior.

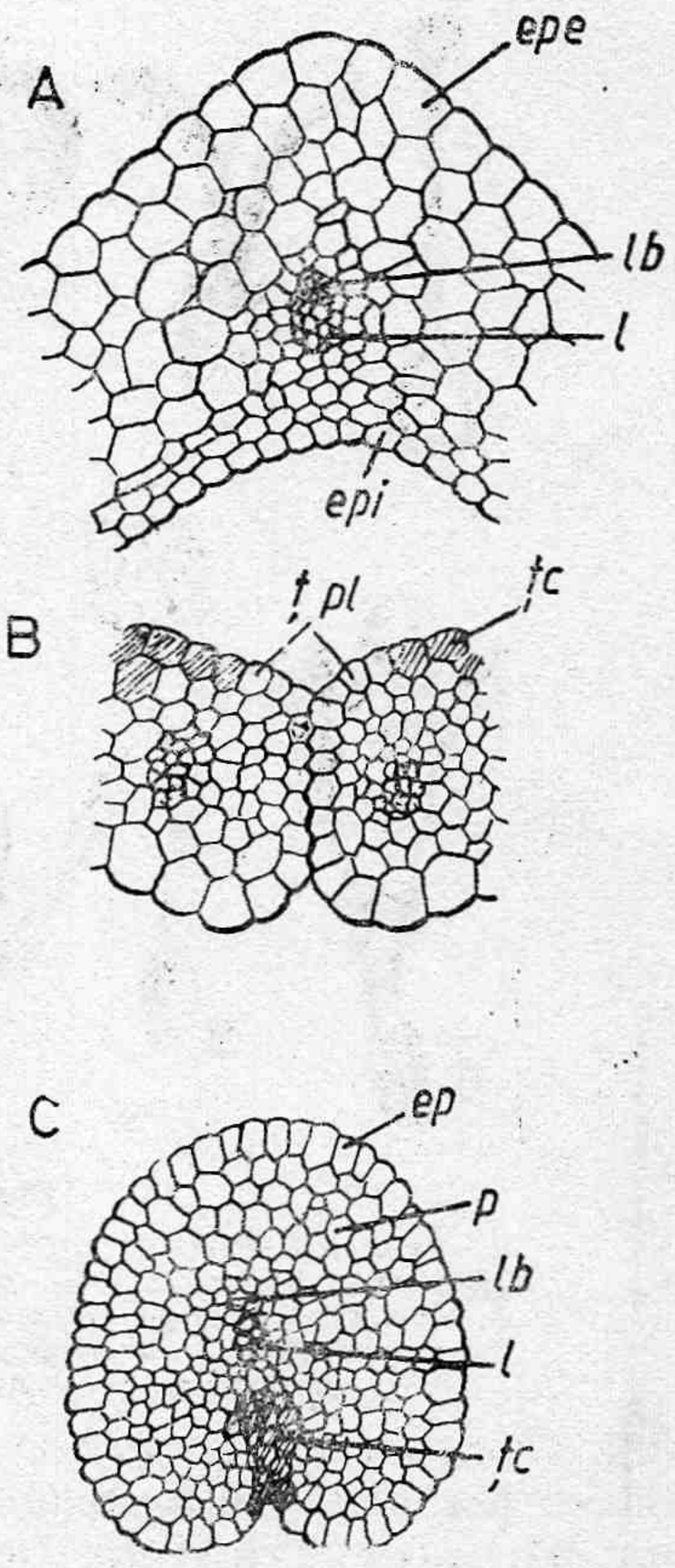


Fig. 269. Structura carpelei la *Helleborus foetidus*:

A — secțiune transversală în partea mediană a carpelei; *B* — marginile carpelare apar lipite în secțiune transversală; *C* — secțiune transversală prin stilul carpelei, *ep* — epidermă; *epe* — epidermă externă; *epi* — epidermă internă; *l* — lemn; *lb* — liber; *p* — parenchim; *țc* — țesut „conducător" provenit din epiderma internă; *țpl* — țesut placentar după B o n n i e r).

Stilul este prelungirea subțire și de regulă cilindrică a ovarului, care se termină cu stigmatul. Uneori stilul lipsește (ex. *Papaver)* sau este redus (ex. *Ranunculus, Tulipa)* ; alteori, dimpotrivă, este lung (ex. *Chelidonium)* sau foarte lung (ex. *Zea).* În unele cazuri stilul se inseră lateral ovarului (ex. *Fragaria)* sau chiar la baza acestuia (ex. *Boraginaceae),* numindu-se stil ginobazic.

De regulă, florile de la indivizii aceleiași specii au stilurile egale (fenomen numit homostilie) ; uneori însă (ex. *Primula*), la una și aceeași specie întîlnim flori cu stiluri de lungimi diferite (fenomen numit heterostilie), ca o adaptare specifică la polenizarea încrucișată.

Structura stilului este mult simplificată față de cea a ovarului. Epiderma protejează un parenchim omogen, care la rîndul său înconjură un fascicul conducător libero-lemnos (prelungire a celui din ovar). La multe plante, în axul stilului se distinge un țesut particular (numit „conducător"), prin care va înainta tubul polenic în drum spre ovul.

Stigmatul sau extremitatea stilului are suprafața prevăzută cu papile secretoare de lichid vîscos, ce ușurează reținerea polenului ajuns aici. După formă, stigmatul poate fi (fig. 270) : globulos (ex. *Primulaceae, Solanaceae),* scobit (ex. *Crocus sativus*), găunos, (ex. *Viola tricolor*), bilobat

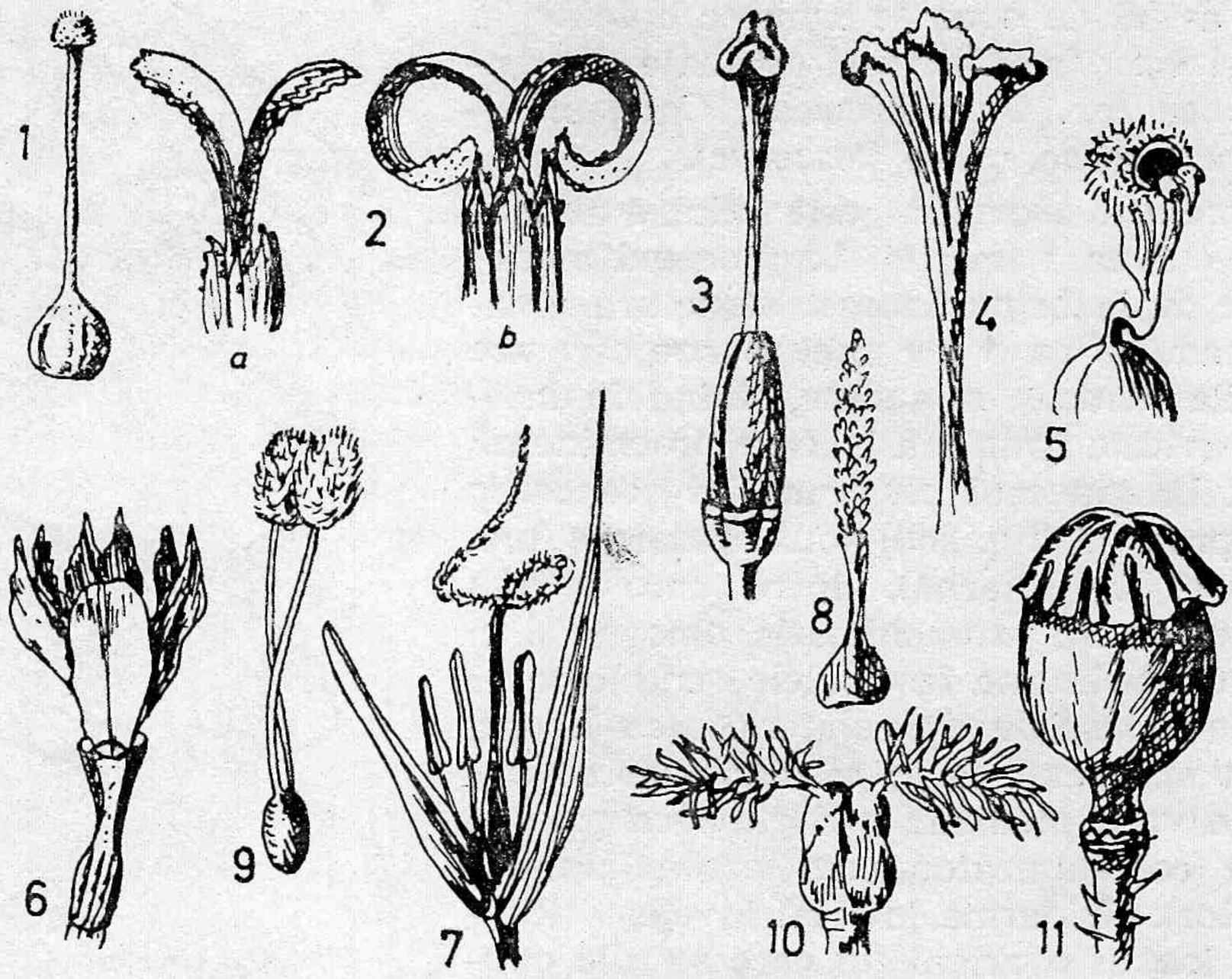


Fig. **270.** Forme de stigmate:

1 — globoid (*Primula officinalis*); *2* (*a, b*) — bifid (*Arnica montana*); *3* — trifid (*Lilium candidum*); *4* — trifid (*Croccus sativus*); *5* — găunos (*Viola tricolor*); *6* — foliaceu (*Iris germanica*); *7* — filiform (*Nardus stricta*); *8* — filiform (*Plantago lanceolata*); *9* — papilos (*Setaria glauca*); *10* — penat-păros (*Festuca pratensis*); *11* — stelat (*Papaver* sp.) (după I. Grinţescu).

(ex. *Compositae*, *Labiatae*, unele *Cruciferae*), trilobat (ex. *Liliaceae*), foliaceu (ex. *Iris*), filiform (ex. *Plantago*), discoidal-stelat (ex. *Papaver*), penat-păros (ex. *Triticum*). De regulă, numărul lobilor stigmatici indică numărul carpelelor care formează gineceul cenocarp.

Structura stigmatului este, de asemenea, simplă, tot ţesutul ce-l compune fiind de tip parenchimatic, omogen ; prin el va pătrunde şi va înainta tubul polenic în drum spre ovul.

Ovulele sau macrosporangii (fig. 271) iau naştere, sub formă de primordii, pe carpele, legîndu-se de placenta ovarului printr-un peduncul numit *funicul* ; acesta prezintă o gîtuitură numită *hil*. Prin funicul trece un fascicul conducător libero-lemnos, care vine din placentă şi se ramifică la baza corpului ovulului, numită *chalază*, adesea pătrunzînd în integument.

Corpul ovulului sau ovulul propriu-zis prezintă, cel mai adesea, două *integumente* care protejează o masă de ţesut central, diploid, numită *nucelă*, în care — prin meioză — se va forma *sacul embrionar* sau macrosporul.

Integumentele, în număr de două la *Monocotyledonatae* şi *Dicotyledonatae* dialipetale, se numesc : extern şi intern. La *Umbelliferae*, majoritatea familiilor gamopetale etc. ovulul are un singur integument, iar la plantele parazite integumentele pot lipsi complet (ex. *Loranthaceae, Santalaceae, Rafflesiaceae*). Indiferent de numărul lor, integumentele lasă la extremitatea ovulului o mică deschidere numită *micropil* ; la unele plante acesta poate lipsi (ex. *Alchemilla, Humulus, Cannabis*).

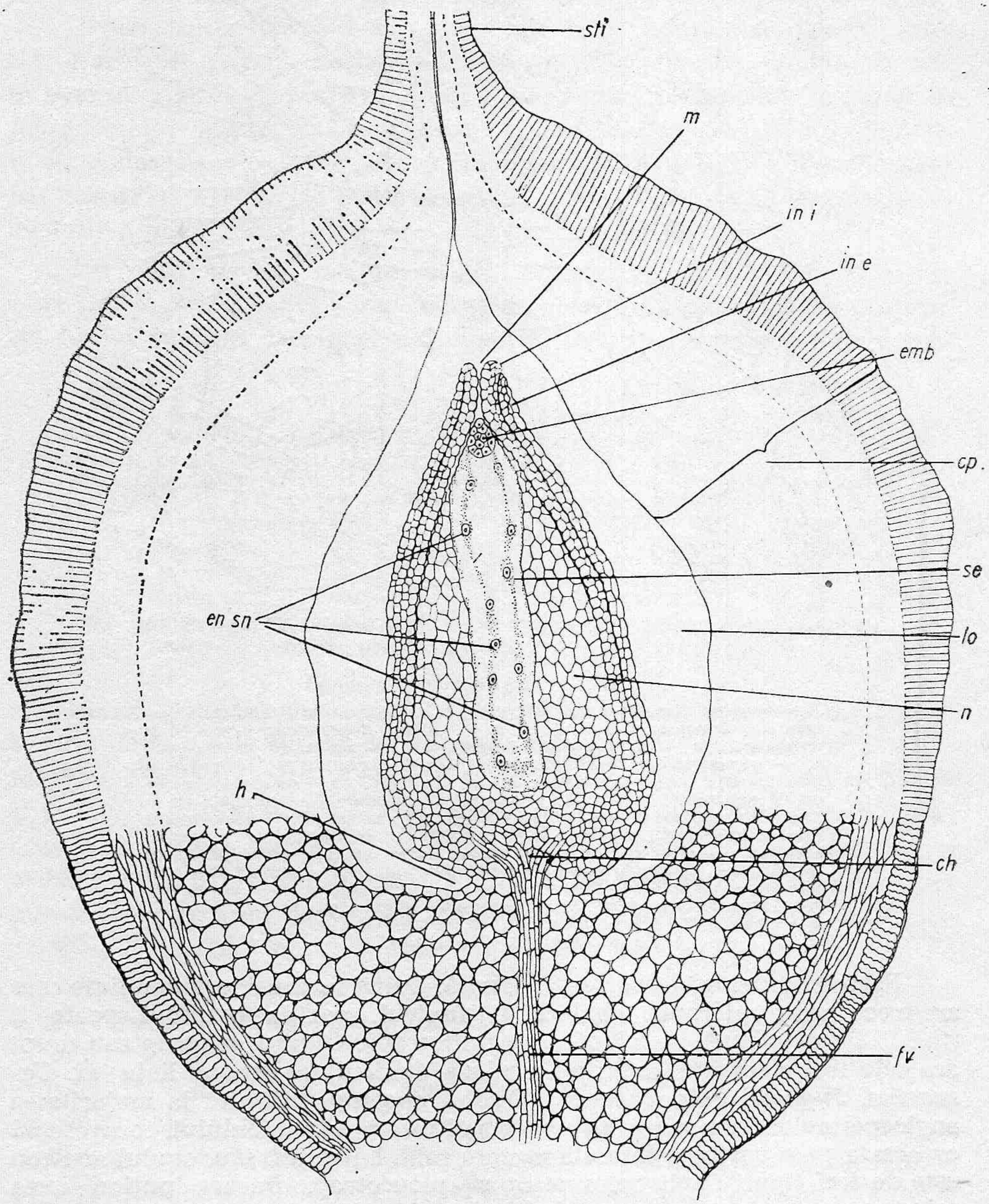


Fig. 271. Structura ovulului ortotrop de *Polygonum orientale* (secțiune longitudinală) :
ch — chalază; *cp* — carpelă; *emb* — embrion; *en sn* — endosperm secundar nuclear; *fv* — fasciculul vascular; *h* — hil; *ine* — integument extern; *ini* — integument intern; *lo* — lojă ovariană; *m* — micropil; *n* — nucelă; *se* — sac embrionar; *sti* — stil (după I. T. Tarnavschi și colab.).

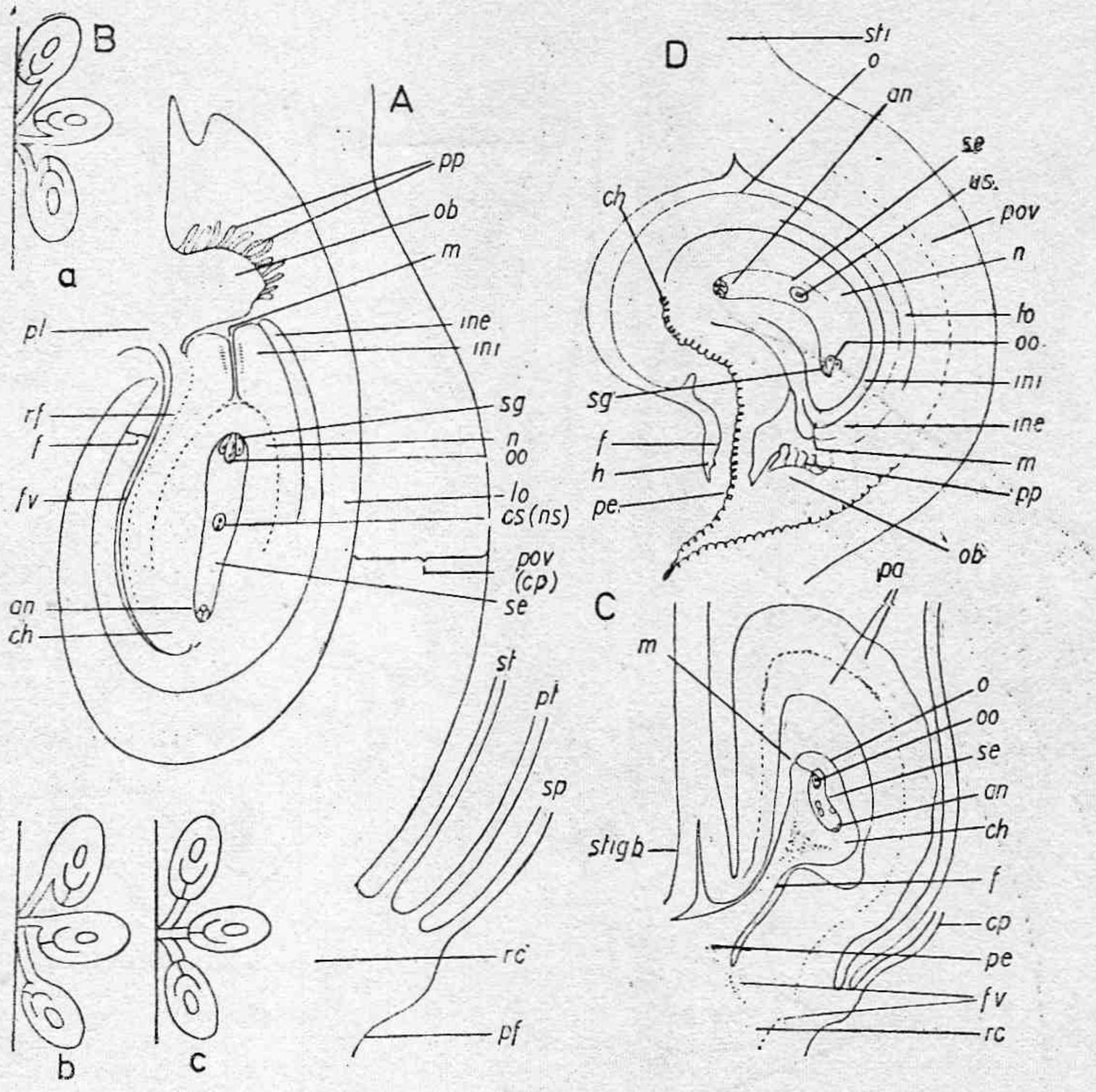


Fig. 272. Tipuri de ovule (scheme):

A — anatrop (*Linum usitatissimum*); *B* — anatrop (*a* — apotrop, descendent, orizontal și ascendent; *b* — epitrop, descendent, orizontal și ascendent; *c* — pleurotrop, descendent, orizontal și ascendent); *C* — semianatrop (*Boraginaceae*); *D* — campilotrop (*Phytolacca americana*); *an* — antipode; *ch* — chalază; *cp* — carpelă; *cs* — celulă secundară (centrală) a sacului embrionar; *f* — funicul; *fv* — fascicul vascular; *h* — hil; *ine* — integument extern; *ini* — integument intern; *lo* — locul ovarian; *m* — micropil; *n* — nucelă; *ns* — nucleu secundar; *o* — ovul; *ob* — obturator; *oo* — oosferă; *pf* — peduncul floral; *pl* — placentă; *pov* — peretele ovarului; *pp* — papile; *pt* — petală; *rc* — receptacul; *rf* — rafă; *se* — sac embrionar; *sg* — sinergide; *sp* — sepală; *st* — stamină; *sti* — stilodii; *stigb* — stil ginobazic (*A, C, D*: după I T. Tarnavschi și colab.; *B*: după G. Șerbănescu-Jitariu).

Poziția ovulelor în ovar este diferită. Luînd în considerație o linie care ar trece prin micropil, chalază și funicul, poziția ovulului poate fi (fig. 272) : ortotropă, anatropă și campilotropă. Ovulul *ortotrop* sau drept are cele trei elemente (micropil, chalază, funicul) pe aceeași linie (ex. *Casuarina, Juglans, Polygonaceae*). Ovulul *anatrop* (întîlnit la majoritatea angiospermelor) este răsturnat cu corpul în lungul funiculului, concrescînd cu acesta pe o porțiune laterală numită *rafă*. La rîndul său, ovulul anatrop este de trei tipuri : epitrop, apotrop și pleurotrop, fiecare putînd avea orientare ascendentă, orizontală sau descendentă în cavitatea ovariană. Ovulul *campilotrop* este reniform-curbat, cu axul îndoit (ex. *Cruciferae, Phytolacaceae, Caryophyllaceae*).

Ținînd seama de dezvoltarea nucelei, ovulele se clasifică în *crassinucelate* sau eusporangiate și *tenuinucelate* sau leptosporangiate. Cele crassinucelate au nucelă foarte bine dezvoltată, pluristratificată (ex. *Monochla-*

mydeae, Dialipetalae și *Monocotyledonatae*). Cele tenuinucelate au nucelă foarte redusă, uneori chiar unistratificată (ex. *Synpetalae*).

Numărul ovulelor în ovar variază la diferite familii sau chiar în interiorul aceleiași familii. Astfel, la *Compositae, Cyperaceae, Gramineae* ș.a., în ovar se află un singur ovul (deși gineceul este bicarpelar), la *Umbelliferae, Rubiaceae* ș.a. două, la *Boraginaceae, Labiatae* ș.a. patru, la majoritatea angiospermelor, zeci, sute și chiar mii de ovule (ex. *Orobanchaceae*). Reducerea numărului de ovule constituie un caracter de superioritate, de evoluție a plantelor respective.

Macrosporogeneza sau dezvoltarea sacului embrionar (fig. 273). În stare tînără ovulul conține o nucelă diploidă sau macrosporangele propriu-zis. La un moment dat, în nucela ovulului încă foarte tînăr, o celulă sub-

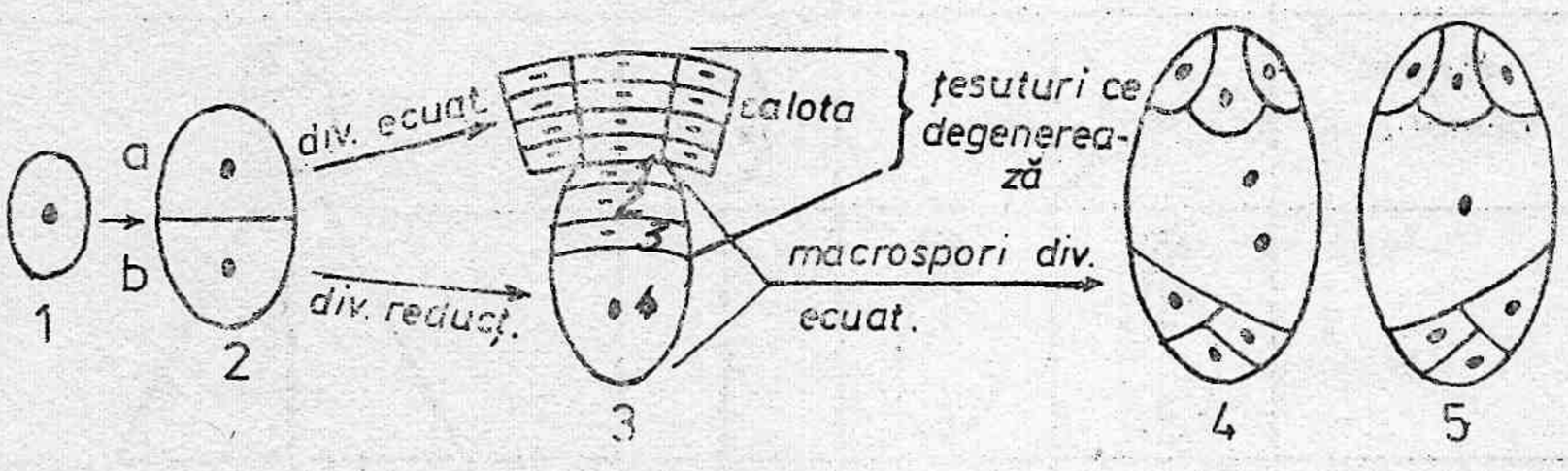


Fig. 273. Formarea sacului embrionar pornind de la o celulă subepidermică din țesutul nucelar (schemă) (după I. Grințescu).

epidermică (celula mamă a sacului embrionar) crește mult, se divide, rezultînd două celule suprapuse : una superioară (spre micropil) și alta inferioară. Prima, numită și *inițiala calotei,* nu se mai divide sau se divide și produce un țesut numit calotă, care împinge adînc în nucelă pe a doua ; aceasta din urmă, numită și *inițiala sacului embrionar,* suferă meioza și astfel rezultă patru celule haploide suprapuse (macrospori), dintre care numai cea inferioară se menține, crește mult și devine *sac embrionar* (macrospor) ; celelalte trei celule haploide degenerează.

Procesele care urmează formării sacului embrionar sînt cunoscute sub numele de *dezvoltarea gametofitului femel* (fig. 274). Nucleul haploid al sacului embrionar se divide de trei ori succesiv, rezultînd astfel 8 nuclei, grupați cîte 4 la fiecare pol al sacului embrionar. Trei din cei patru nuclei situați la polul superior (micropilar) se înconjură fiecare cu citoplasmă, rezultînd *oosfera* și două *sinergide* ; al patrulea nucleu migrează la centrul sacului embrionar, unindu-se cu cel migrat tot aici de la polul inferior și rezultînd astfel *nucleul secundar* (diploid) al sacului embrionar sau celula centrală. Ceilalți trei nuclei de la polul inferior se înconjură fiecare cu citoplasmă și o membrană fină, rezultînd *antipodele*. Sacul embrionar astfel format constituie *gametofitul femel,* care la *Angiospermae* atinge cel mai înalt grad de reducere (tab. III).

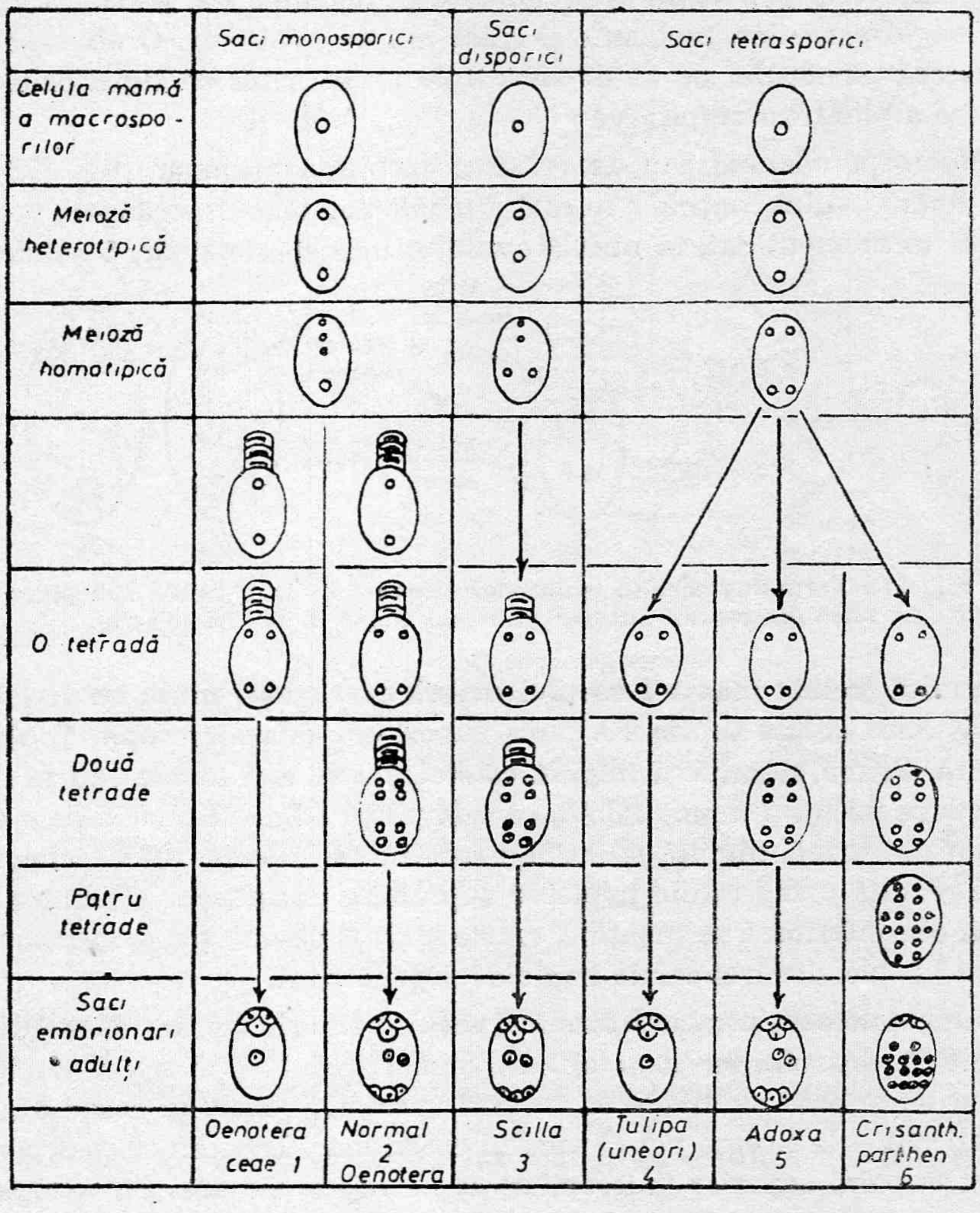


Fig. 274. Scheme arătînd modul de formare și structura diferitelor tipuri de saci embrionari (după D e y s s o n).

TABELUL III

Tabloul ciclului de dezvoltare la Angiospermae

PLANTA

frunze — tulpină — rădăcini

flori

stamine

anteră (cu microsporangi)

arhespor

sporogonii

sporocite

MEIOZA

tetradă de microspori
(grăuncioare de polen)

1 celuă vegetativă (protal mascul) — 1 celulă generativă (anteridie)

gametofit mascul

tub polenic — gamet mascul — gamet mascul

carpele

ovul (macrosporange) cu nucelă

1 arhespor
(celulă mamă a sacului embrionar)

1 sporogonie

1 sporocit

1 tetradă de 4 macrospori
(din care trei avortează)

1 sac embrionar cu 1 nucleu

sac embrionar cu 8 nuclei
(gametofit femel)

gamet femel — nucleu 1 — nucleu 2

nucleu secundar
(diploid)

F — F

ZIGOT DIPLOID

embrion

plantă

ZIGOT TRIPLOID
(accesoriu)

albumen
(endosperm secundar)

Este fenomenul care precede fecundaţia și constă în transportul polenului de la anterele staminelor pe stigmatul gineceului. Polenizarea este de două feluri : directă sau autopolenizare și indirectă sau polenizare încrucișată.

a) *Polenizarea directă* are loc la puţine plante cu flori hermafrodite sau autogame și constă în transportul polenului de la antere pe stigmatul aceleiași flori (autogamie) ori pe stigmatul altei flori de pe același individ (geitenogamie). Plantele hermafrodite la care are loc autopolenizarea trebuie să aibă staminele și carpelele în același timp ajunse la maturitate, deci flori homogame (ex. *Pisum sativum, Phaseolus vulgaris, Lycopersicum esculentum, Gossypium herbaceum, Oryza sativa, Avena sativa, Triticum aestivum* ș.a.). Un caz aparte de autopolenizare este acela al plantelor cu flori *cleistogame*, care nu se deschid nici chiar la maturitate și care se polenizează numai cu polen propriu (ex. *Viola, Oxalis, Arachis hypogaea*). În sfîrșit, există și plante cu conformaţii speciale în alcătuirea staminelor, care favorizează autopolenizarea (fig. 275) (ex. *Berberis vulgaris, Centaurea cyanus* — albăstriță) și în care un anumit rol îl au și insectele.

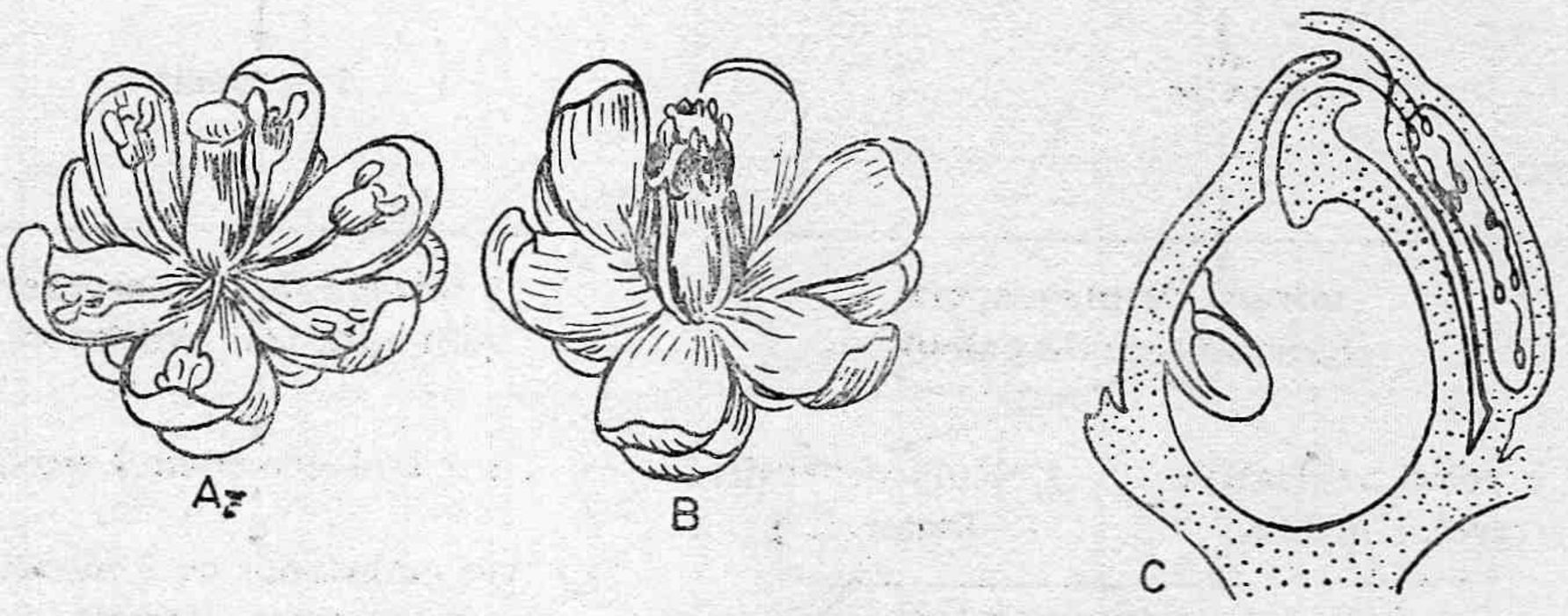


Fig. 275. Autopolenizarea la *Berberis vulgaris*:
A — floare cu staminele îndepărtate de stigmat; *B* — poziţia staminelor în urma unei excitaţii; *C* — floare cleistogamă de *Viola odorata* (după M. Răvăruţ și E. Turenschi).

b) *Polenizarea indirectă* este proprie celor mai multe plante și constă în transportul polenului de la anterele unei flori pe stigmatul florii de la un alt individ ; florile se numesc alogame sau xenogame, iar polenizarea, xenogamie sau alogamie ; ea are loc la plantele cu flori unisexuate, cît și la foarte multe plante cu flori hermafrodite. Faţă de polenizarea directă, cea indirectă este mai favorabilă pentru plante, deoarece în acest caz fecundaţia va avea loc între gameţi cu însușiri ereditare diferite, provenind de la plante care au trăit în condiţii de mediu diferite ; așadar, indivizii rezultaţi vor avea posibilităţi mult mai largi de răspîndire și de adaptare la mediu.

În funcţie de factorii care transportă polenul plantele pot fi : anemofile, zoofile și hidrofile. *Plantele anemofile* sînt polenizate cu ajutorul vîntului. Florile lor se caracterizează prin următoarele trăsături : sînt mici,

fără culori vii, fără glande nectarifere, cu periant simplu sau redus, adesea grupate în inflorescenţe de tipul amenţilor şi produc o mare cantitate de polen (de ex. un ament de alun produce aproximativ 4 milioane grăuncioare de polen, iar o inflorescenţă de porumb aproape 50 mg grăuncioare de polen) ; polenul este mărunt, uşor, prăfos, deci uşor transportabil de vînt ; staminele pot fi oscilante (ex. la *Gramineae*), stigmatele pot fi lungi şi penate (ex. *Zea mays*, unde alcătuiesc aşa-zisa „mătase"), cu suprafaţa lipicioasă. Plantele anemofile reprezintă circa 10% dintre angiospermele actuale şi dintre acestea citǎm gramineele, ciperaceele, amentaceele (plop, mesteacăn, arin, stejar, nuc), ulmul, hameiul, urzica vie etc.

Plantele zoofile sînt polenizate cu ajutorul animalelor : insecte, păsări, melci, lilieci. Florile plantelor entomofile (polenizate cu ajutorul insectelor) se caracterizează prin flori mari, cu corolă viu colorată sau cu perigon petaloid ; dacă florile sînt mici, se grupează în inflorescenţe mari, vizibile de la distanţă (ex. *Umbelliferae, Compositae* ş.a.). Uneori şi sepalele (ex. *Salvia splendens*) sau chiar bracteele (ex. *Melampyrum*) sînt viu colorate.

Dintre conformaţiile speciale ale florilor de la plantele entomofile, amintim pe cele de la *Orchidaceae, Aristolochia clematitis* (curcubeţică), *Salvia, Primula* ş.a. La *Orchidaceae* şi *Asclepiadaceae* tot polenul dintr-o lojă este aglutinat şi formează o polinie pedicelată, care se prinde de capul insectei. La *Aristolochia clematitis,* perigonul florii are o porţiune bazală umflată, unde se află staminele şi stigmatul, o porţiune tubuliformă tapisată cu perişori îndreptaţi spre interiorul florii şi o porţiune superioară lăţită. După ce insecta a pătruns în partea umflată a perigonului şi a consumat sucurile secretate de perigon încearcă să iasă din floare, dar nu poate din cauza perişorilor menţionaţi mai sus ; insecta rămîne aici 2—3 zile, îşi scutură pe stigmat polenul adus şi se umple de polenul din capcană. După ce a avut loc polenizarea, perişorii se ofilesc şi cad, iar insecta (acoperită de polen) iese din această floare şi astfel va putea poleniza o altă floare. La speciile genului *Salvia,* floarea are doar două stamine, filamentul fiecăreia din ele fiind articulat mobil în tubul corolei ; partea inferioară a filamentului, aflată sub articulaţie, este scurtă şi lăţită ca o linguriţă ; partea superioară, de deasupra articulaţiei, este lungă şi se termină cu antera. Insecta, ajunsă la floare, se aşează pe labiul inferior al corolei şi introduce trompa către nectar, apăsînd astfel partea inferioară a filamentelor ; datorită articulaţiei mobile, anterele se apleacă pe partea dorsală a insectei, unde se scutură polenul. Ajungînd la altă floare, insecta atinge cu partea dorsală cei doi lobi stigmatici şi astfel se face polenizarea încrucişată. La *Primula* întîlnim, aşa cum deja am văzut, fenomenul de heterostilie (fig. 276, A) : la unele flori stilul este lung, cu stigmatul mult mai sus de locul de inserţie a staminelor, iar la altele stilul este scurt, cu stigmatul sub nivelul staminelor. În felul acesta florile evită autopolenizarea, favorizînd polenizarea cu ajutorul insectelor.

Polenul florilor de la plantele entomofile este mare, cu suprafaţa neregulată, lipicios de corpul insectelor şi de stigmat.

Plantele hidrofile sînt polenizate cu ajutorul apei şi sînt puţine la număr, mai ales dacă avem în vedere că multe plante acvatice îşi ridică florile în aer, care sînt polenizate cu ajutorul vîntului sau a insectelor. Ca exemplu menţionăm pe *Vallisneria spiralis* (sîrmuliţa), (fig. 276, C), plantă unisexuat-dioică. Cînd anterele ajung la maturitate, florile mascule

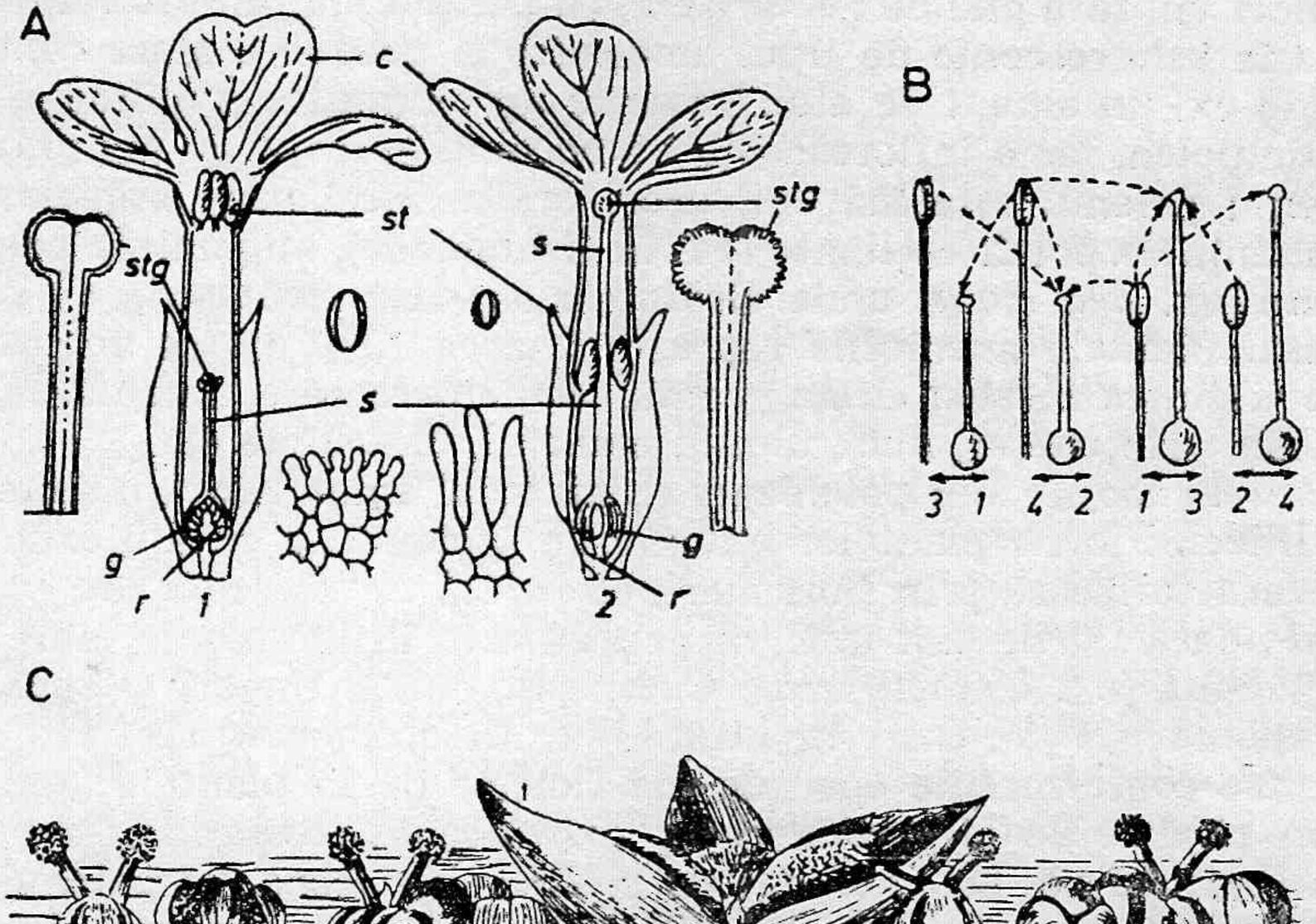


Fig. 276. Plante entomofile (*A* , *B* — *Primula officinalis*) şi hidrofile (*C* — *Vallisneria spiralis*):

A — se observă fenomenul de heterostilie (*1* — floare brevistilă; *2* — floare longistilă); *B* — schema polenizării încrucişate (*1, 2* — flori brevistile; *3, 4* — flori longistile); *c* — corolă; *g* — gineceu; *r* — receptacul; *s* — stil; *st* — stamine *stg* — stigmat (*A, B* : după M. Răvăruţ şi E. Turenschi; *C* : după Kerner).

se rup din inflorescenţă, se ridică la suprafaţa apei şi eliberează polenul. În acest timp florile femele îşi despiralizează pedunculul, ajung şi ele la suprafaţa apei, unde întîlnesc polenul şi are loc polenizarea ; după polenizare şi fecundare, floarea femelă se închide, pedunculul se spiralizează şi astfel trage floarea în apă, unde apoi se formează fructul şi se maturizează seminţele.

c) *Polenizarea artificială* este făcută de om, la multe plante de cultură (porumb, secară, hrişcă, floarea soarelui, smochin, curmal etc.) şi constă de fapt într-o polenizare suplimentară, făcută în vederea obţinerii unor recolte mai mari de seminţe. Pe acest fel de polenizare se bazează metoda hibridării sexuate, urmărindu-se obţinerea de soiuri cu calităţi deosebite şi a hibrizilor sexuaţi.

6.2.6.6. FECUNDAREA

Ajunse pe stigmat, grăuncioarele de polen se îmbibă cu apă din lichidul stigmatic, se umflă și germinează : exina crapă în dreptul unui șanț sau al unui por, iar intina iese afară sub forma unui *tub polenic ;* în el migrează celula vegetativă, urmată de cea generativă. Tubul polenic crește foarte repede, atît pe seama rezervelor nutritive proprii, cît și pe seama celor absorbite din parenchimul stigmatului și al stilului, străbate printre papilele stigmatului și prin țesutul conducător al stilului (ale cărui celule sînt acum gelificate), ajungînd în cavitatea ovariană. Ajuns aici, datorită fenomenului de chimiotropism tubul polenic se îndreaptă spre sacul embrionar al ovulului. Pătrunderea tubului polenic în ovul se face prin micropil (fenomen numit *porogamie* (fig. 277 A), caracteristic pentru majoritatea angiospermelor) sau prin chalază (fenomen numit *chalazogamie* (fig. 277 B), întîlnit la alun, ulm, mesteacăn ș.a.).

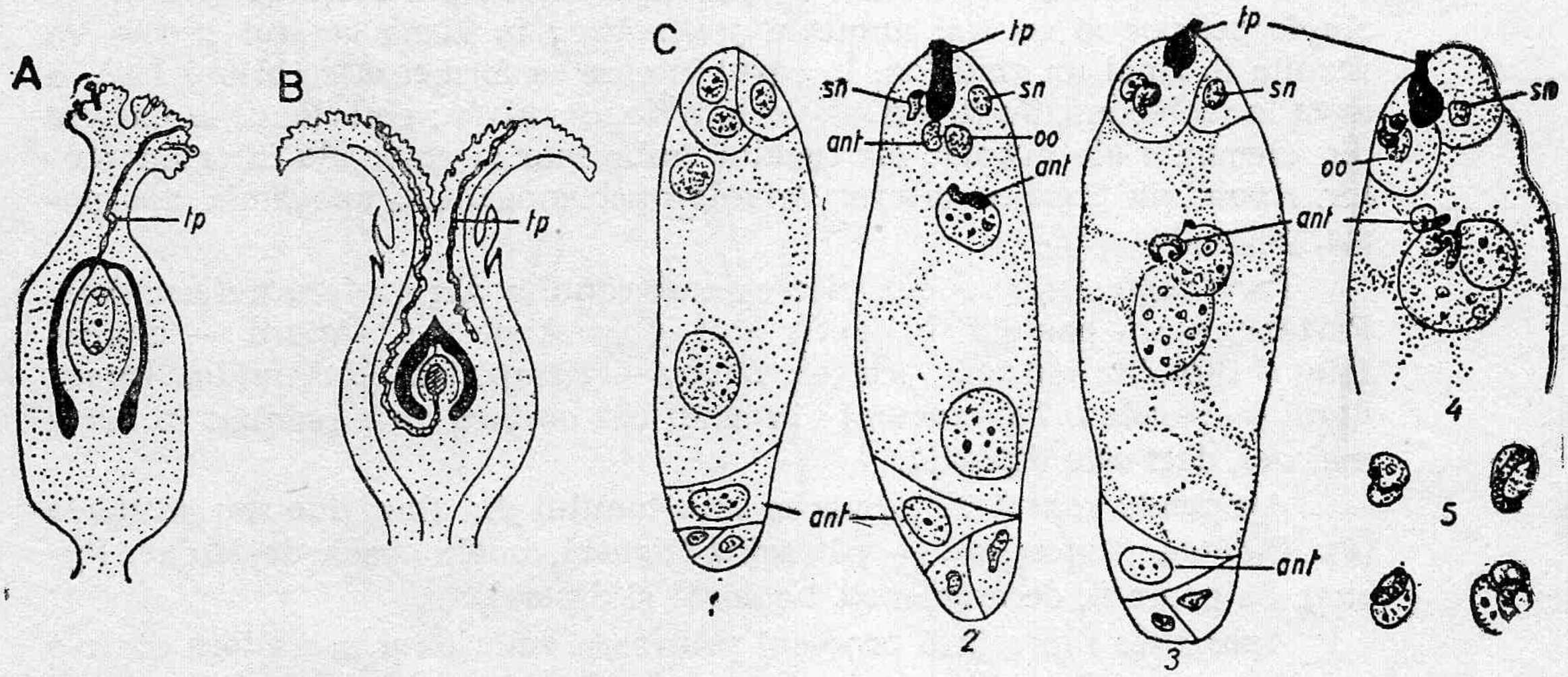


Fig. 277. Fecundația la *Polygonum* sp. (*A* — porogamie), *Juglans regia* (*B* — chalazogamie) și *Lilium martagon* (*C* — dublă fecundație) :

1 — sac embrionar matur, în momentul pătrunderii tubului polenic; *2* — tubul polenic pătrunde la una din sinergide, care este astfel dezorganizată; *3* — stadiu mai avansat; *4* — alt aspect al aceluiași stadiu; *5* — patru momente diferite ale fuziunii nucleare; *ant* — antipode; *oo* — oosferă; *sn* — sinergidă; *tp* — tub polenic (după D e y s s o n).

În timpul creșterii și înaintării tubului polenic spre sacul embrionar celula vegetativă se resoarbe, iar cea generativă se divide, rezultînd astfel doi gameți masculi imobili, numiți *spermatii.* Ajuns la sacul embrionar, capătul tubului polenic crapă, peretele sacului embrionar se gelifică și conținutul tubului polenic, cu cei doi gameți, străbate printre sinergide pînă la oosferă. Un gamet mascul fecundează oosfera și rezultă un *zigot diploid,* iar celălalt fecundează nucleul secundar (diploid) al sacului embrionar și rezultă un *zigot triploid* sau *accesoriu.*

Cînd tubul polenic ajunge la sacul embrionar una din sinergide degenerează. În timpul înaintării spre oosferă, tubul polenic crește mai întîi

în aparatul filiform al sinergidei degenerate, înaintează prin citoplasma acesteia și în cele din urmă își descarcă în ea conținutul. Sinergida care nu este pătrunsă de tubul polenic persistă mai multă vreme, după care nucleul și membrana se dizolvă, iar citoplasma se amestecă cu cea a endospermului (albumenului) dezvoltat și astfel încetează să mai existe ca celulă. Antipodele degenerează și ele imediat după fecundare sau persistă în timpul formării endospermului.

Fecundația este o *sifonogamie dublă* (descoperită de Navașin în 1898 și de Guignard în 1899) și este proprie numai angiospermelor, avînd o importanță biologică deosebită : albumenul (care se va dezvolta din zigotul accesoriu) se formează în urma unui proces de fecundație, deci are o origine dublă și deci caractere mixte. Aceasta ar reprezenta una din cauzele posibilităților extrem de mari ale angiospermelor de a se adapta la cele mai variate condiții de mediu, de pe toată suprafața globului pămîntesc.

Fecundația de care ne-am ocupat reprezintă tipul obișnuit întîlnit la *Angiospermae* și se mai numește *amfimixie ;* în urma acestui proces va rezulta în final un embrion. În cazul în care se formează embrioni fără a avea loc o fecundație (fig. 278), vorbim de *apomixie* ; embrionul ia naștere din elemente ale nucelei, ale sacului embrionar și chiar ale integumentelor. Apomixia prezintă cîteva variante : partenogeneza, apogamia, aposporia, poliembrionia.

Partenogeneza este dezvoltarea embrionului din oosfera nefecundată. Partenogeneza poate fi haploidă sau generativă (ex. *Datura* — ciumăfaie) și diploidă sau somatică (ex. *Draba* — flămînzică, *Alchemilla, Antennaria* — parpian, *Taraxacum*) ; în acest caz oosfera nu a rezultat în urma meiozei, deci este diploidă.

Apogamia constă în formarea embrionului din sinergide sau antipode (ex. *Plantago lanceolata* — pătlagina îngustă, unele specii de *Malus, Pyrus).* Ea poate fi, de asemenea, haploidă și diploidă.

Aposporia reprezintă procesul prin care embrionul ia naștere dintr-o celulă vegetativă a nucelei sau din celule ale integumentului. În acest caz nu are loc macrosporogeneza și deci nici meioza. Este mult răspîndită la *Angiospermae,* mai ales la cele mai puțin evoluate (ex. *Juglans, Rubus, Citrus*).

Poliembrionia (fig. 278, F, H), constă în formarea, paralel cu embrionul normal, a mai multor embrioni din unul și același ovul, atît prin apogamie, cît și prin aposporie (ex. citrice). În acest caz embrionii suplimentari iau naștere pe seama sinergidelor, antipodelor, celulelor nucelei sau ale integumentelor (ex. *Capparis, Alchemilla* etc.).

La multe plante și ovarul se dezvoltă în lipsa fecundației, luînd astfel naștere fructe fără semințe. Plantele cu astfel de fructe se înmulțesc numai pe cale vegetativă (ex. măr, păr, vița de vie, portocal, lămîi, smochin ș.a.). În multe cazuri partenocarpia a devenit un caracter constant, care se transmite ereditar (ex. la unele soiuri de pomi fructiferi : măr, păr, cireș, piersic, la căpșuni, tomate).

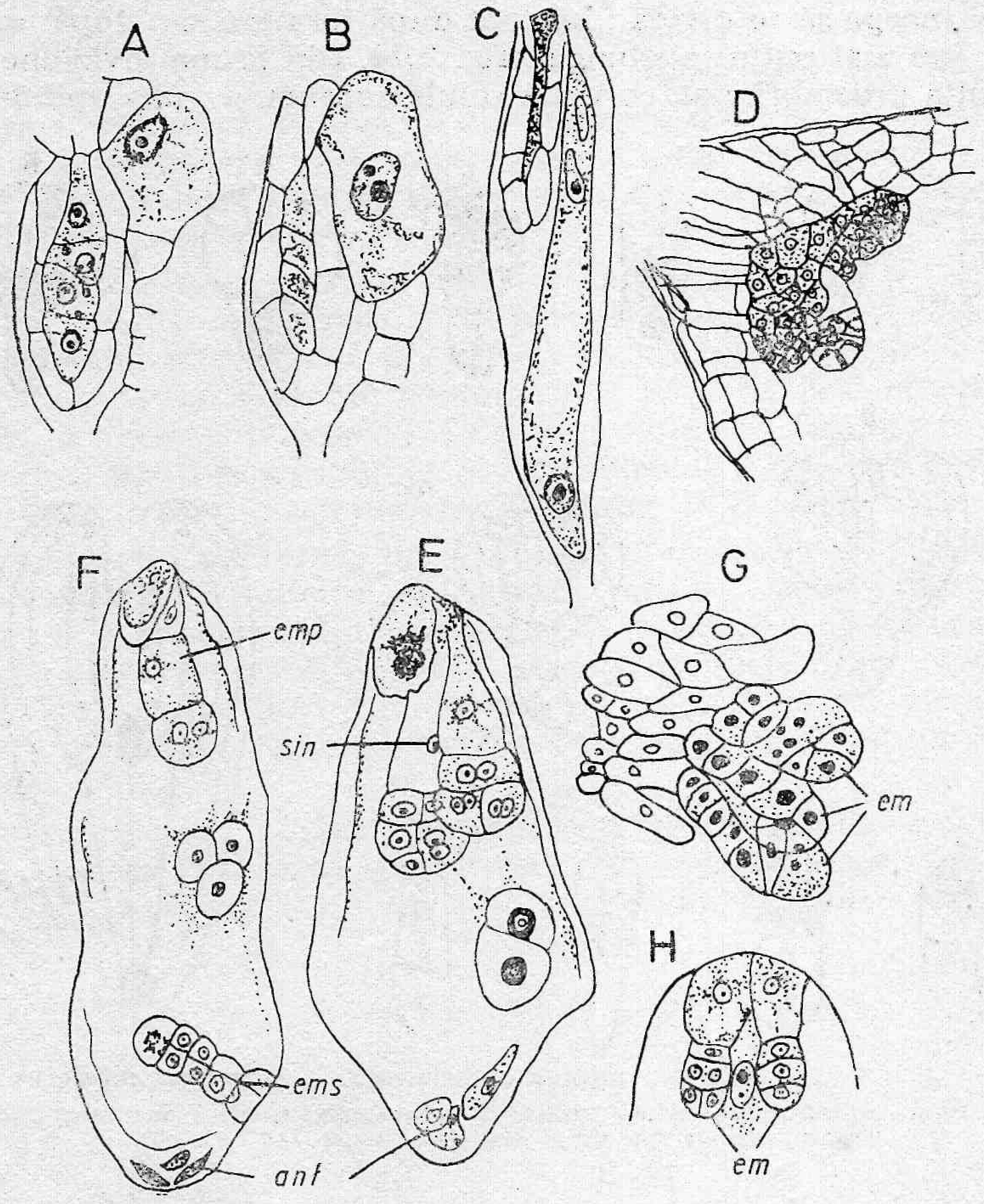


Fig. 278. Apomixie și aposporie (*A—C — Hieracium flagellare*), embrioni adventivi *(D — Hosta albomarginata)*, dezvoltare partenogenetică (*E — Alchemilla sericata*) și poliembrionie (*F — Alchemilla pastoralis ; G — Allium odorum ; H — Najas major)* :

A — nucela ovulului este orientată spre micropil; *B* — tetradă normală de macrospori, din care ar trebui să se dezvolte un sac embrionar haploid redus; *C* — în locul acestuia se dezvoltă o celulă integumentară evidentă, din care ia naștere un sac embrionar diploid; *D* — embrionii adventivi se dezvoltă din partea superioară a nucelei (alături se observă un embrion normal dezvoltat dintr-o oosferă) ; *E* — embrionii adventivi se dezvoltă partenogenetic din oosferă și o sinergidă a sacului embrionar neredus; *F* — poliembrionie; *G* — trei embrioni apogami, formați din antipode; *H* — din cei doi embrioni, unul provine din oosferă, celălalt din sinergidă; *ant* — antipode; *em* — embrion; *emp* — embrion partenogenetic; *ems* — embrion suplimentar, format dintr-o celulă a nucelei (aposporie) ; *sin* — sinergidă (*A—D* : după Strasburger; *E—H* : după Deysson).

Imediat după fecundare zigotul diploid își formează un perete celulozic și apoi începe să se dividă : imediat după formare sau după un repaus mai mult sau mai puțin îndelungat (fig. 279). Din prima diviziune a zigotului rezultă proembrionul, cu două celule suprapuse : una *apicală* și alta

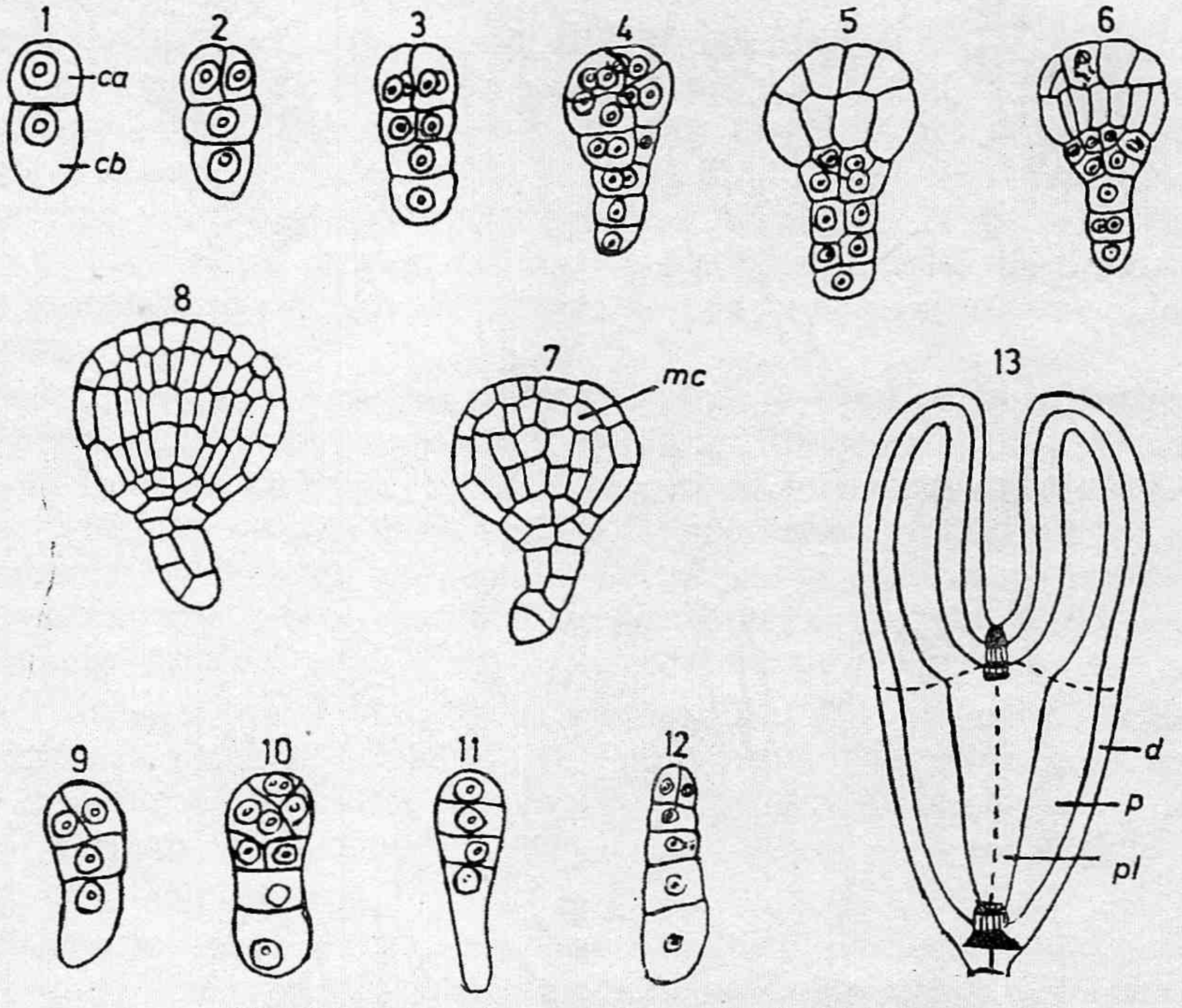


Fig. 279. Dezvoltarea embrionului la *Myosurus minimus* :
ca — celulă apicală; *cb* — celulă bazală; *d* — dermatogen; *mc* — meristem cotiledonar; *p* — periblemă; *pl* — plerom (după D e y s s o n).

bazală. De obicei, din celula apicală se vor diferenția mai tîrziu părțile principale ale embrionului, iar din celula bazală rezultă suspensorul. Prin diviziuni succesive, în special ale celulei apicale, se formează un proembrion pluricelular, cu simetrie radiară, sferoid sau ovoid, asemănător la *Dicotyledonatae* și la *Monocotyledonatae*. Dezvoltarea ulterioară a proembrionului are loc în mod diferit. La *Monocotyledonatae* embrionul are o formă asimetrică, se formează un cotiledon terminal aproape cilindric, iar meristemul apical al tulpinii este situat lateral față de cotiledon. La *Dicotyledonatae* embrionul este simetric : prezintă două cotiledoane laterale, avînd astfel o formă bilobată, iar apexul tulpinii are poziție centrală, între cotiledoane.

Mulți autori consideră tipul dicotiledonat de embrion ca fiind mai primitiv, iar cel monocotiledonat, derivat, mai evoluat.

Pe măsura dezvoltării proembrionului, lîngă suspensor se diferențiază *hipofiza*, care generează celulele inițiale ale scufiei, rizodermei și scoarței

rădăcinii, iar la vîrful proembrionului se diferenţiază *epifiza,* care va produce epiderma şi scoarţa tulpinii. Ulterior se diferenţiază *partea cotiledonară* a proembrionului, din care se vor dezvolta, sub formă de proeminenţe, cotiledoanele. Sub această regiune se formează axa hipocotilă şi primordiul rădăcinii, ultima parte fiind cea *radiculară.*

La germinarea unei seminţe, pe lîngă aceste părţi deja distincte, se formează şi *epicotilul.* Paralel cu diferenţierea morfologică a embrionului, are loc şi diferenţierea lui histogenetică, internă, care constă în formarea celor două meristeme : tunica şi corpus-ul, din care vor rezulta ţesuturile definitive ale tulpinii.

Procesul de embriogeneză prezintă numeroase variante. Pînă în prezent s-au stabilit cinci *tipuri principale de embriogeneză,* după originea proembrionului tetracelular şi evoluţia ulterioară a celulelor rezultate prin diviziunile succesive ale acestuia ; 1. *Cruciferae,* 2. *Compositae,* 3. *Solanaceae,* 4. *Caryophyllaceae,* 5. *Chenopodiaceae.* Trăsătura comună a acestor cinci tipuri este faptul că prima diviziune a zigotului are loc transversal, datorită căreia se formează celula apicală şi cea bazală.

Dezvoltarea endospermului secundar (albumenului) (fig. 280). Imediat după fecundare, fără nici o perioadă de repaus, zigotul accesoriu se înconjură ca un perete celulozic subţire şi se divide de mai multe ori, înainte de formarea embrionului, rezultînd o masă de nuclei între care nu s-au format pereţi despărţitori sau, dimpotrivă, după fiecare diviziune se formează peretele despărţitor. În funcţie de aceasta endospermul se numeşte nuclear şi celular.

— Endospermul nuclear este cel format prin mitoze neurmate de citokineze, de aceea la început se formează doar o masă plasmatică plurinucleată. După o perioadă de timp, care variază de la specie la specie, are loc

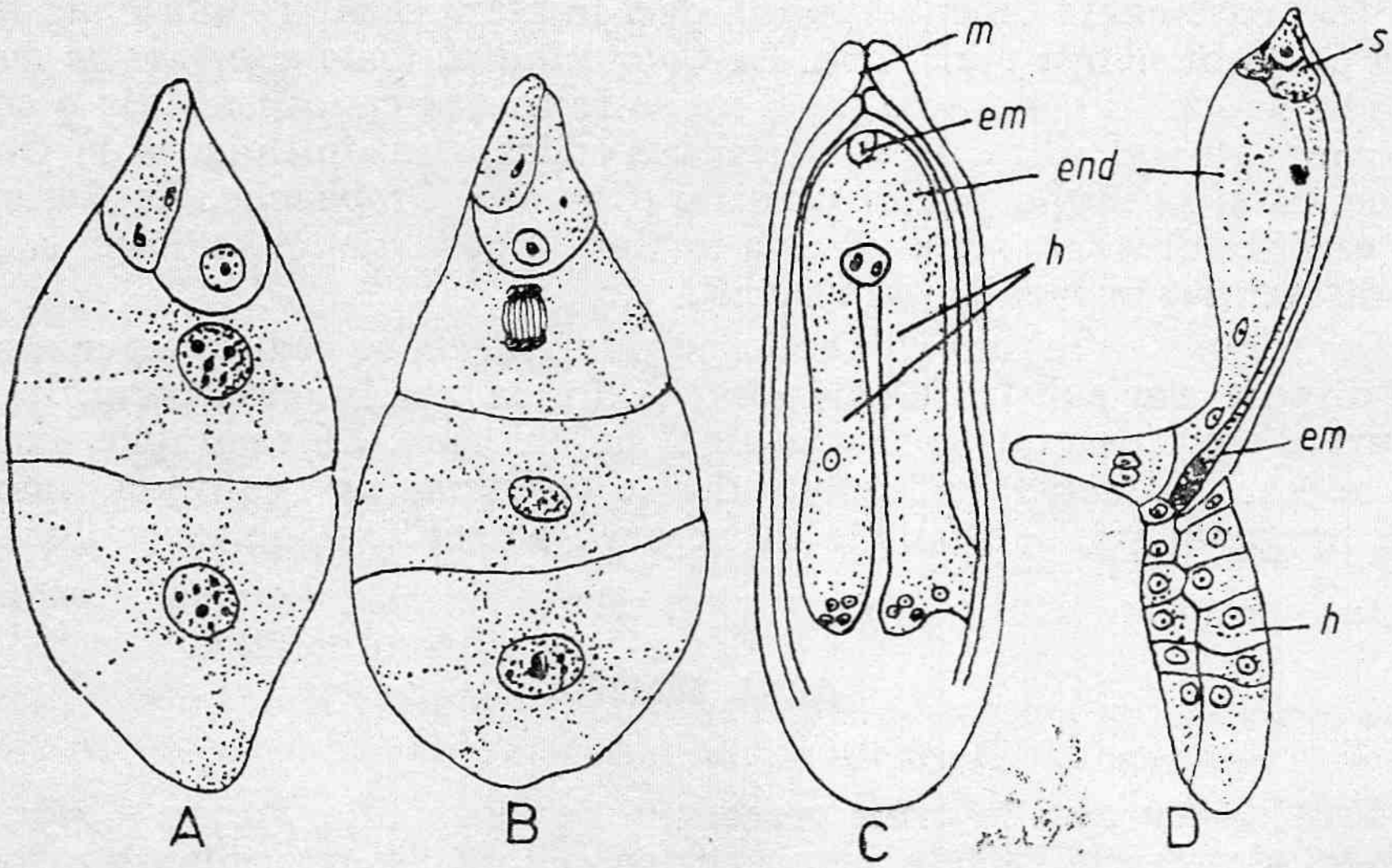


Fig. 280. Formarea endospermului secundar de tip celular *(A, B — Datura* sp. ; *D — Physostegia* sp.) şi de tip nuclear *(C — Monochoria vaginalis) : em* — embrion; *end* — endosperm; *h* — haustor; *m* — micropil; *s* — suspensor (după Deysson).

formarea pereților celulari între nucleii liberi ai endospermului. La un moment dat sacul embrionar poate fi în întregime plin cu celule endospermale. Endospermul de tip nuclear este frecvent mai ales la speciile cu ovule crassinucelate *(Monocotyledonatae, Apetalae* și *Dialipetalae).*

— Endospermul celular este cel format prin mitoze urmate de la început de citocineze și el se dezvoltă întotdeauna prin formarea de noi celule. În funcție de modul cum se formează primul perete celular, se deosebesc două tipuri de endosperm celular :

a. — primul perete, ca și următorul, se formează paralel cu axa longitudinală a ovulului, rezultînd astfel patru celule cilindrice ; a treia și a patra diviziune este transversală, iar celelalte se desfășoară în mod neregulat (ex. unele *Dipsacaceae* și *Compositae*) ;

b. — primul perete este transversal pe axa longitudinală a ovarului (ex. *Scutellaria* — gura lupului, *Ericaceae, Annonaceae* ș.a.).

În sfîrșit, există și un tip *intermediar* de endosperm, numit helobial, la care prima diviziune a zigotului accesoriu are loc inegal, printr-un perete transversal (ex. *Eremurus*), iar cele două celule inegale rezultate se înmulțesc prin diviziuni nucleare libere. Astfel de endosperm se întîlnește în special la monocotiledonatele din ordinul *Helobiales,* precum și la multe dicotiledonate (*Ranunculaceae, Rosaceae, Nymphaeaceae* etc.).

La unele plante, după prima diviziune a zigotului accesoriu, întregul sac embrionar se divide, prima jumătate urmîndu-și evoluția normală, iar jumătatea inferioară se transformă într-un *haustor,* organ cu rol de a suge substanțele nutritive din nucelă și de a le transmite la embrion.

Așa cum s-a văzut, indiferent pe ce cale s-a format, endospermul se dezvoltă în sacul embrionar. La unele familii de plante (*Nymphaeaceae, Piperaceae, Caryophyllaceae* ș.a.) numai o parte din substanțele de rezervă se depun în endosperm ; o altă parte se depune în celulele nucelei (care n-au fost consumate de endosperm), deci în afara sacului embrionar, alcătuind un țesut numit *perisperm.* La *Canna indica* toate substanțele de rezervă se depun în perisperm (deci nu se formează endospermul) ; o situație asemănătoare, adică nu se formează endosperm, întîlnim și la *Orchidaceae,* ca și la multe plante parazite *(Cuscuta, Orobanche, Rafflesia),* la care embrionul se organizează abia în timpul germinației seminței sau nu este diferențiat în rădăciniță, tulpiniță etc.

Pe măsură ce se dezvoltă endospermul, nucela se reduce tot mai mult pînă dispare, dar substanțele de rezervă din ea trec în endosperm. În cele din urmă endospermul va fi consumat de embrion. La semințele exalbuminate (ex. *Phaseolus*) endospermul este consumat de embrion imediat după formarea lui, substanțele de rezervă acumulîndu-se în cotiledoane.

6.2.6.8. SĂMÎNȚA

Provine din ovul în urma procesului de fecundație. *Forma și mărimea* seminței sînt foarte variate, reprezentînd criterii de determinare a speciilor de *Spermatophyta.* Semințele pot fi foarte mici, abia vizibile cu ochiul liber (ex. *Orchidaceae*), de 2—3 mm, ca niște firicele de praf (ex. *Papaver, Nicotiana*), mari (ex. *Juglans, Aesculus hippocastanum, Cocos nucifera* —

nuca de cocos ș.a.) sau foarte mari, cîntărind uneori chiar 5—7 kg (ex. *Lodoicea sechellarum* — palmier). Forma seminţelor poate fi sferică (ex. *Pisum*), ovoidă (ex. *Malus*), reniformă (ex. *Phaseolus*), piriformă (ex. *Vitis*), comprimată lateral (ex. *Cucurbita pepo*), cordată (ex. *Trifolium repens* — trifoi alb), lenticulară (ex. *Lens culinaris* — linte), eliptică (ex. *Ricinus communis*). Numărul seminţelor dintr-un fruct variază, de asemenea, foarte mult : una *(Gramineae, Compositae,* multe *Apetalae),* zece *(Pomoideae),* zeci și sute *(Cucurbitaceae)* sau chiar mai multe mii *(Orchidaceae).*

Alcătuirea seminței. Părţile unei seminţe mature (fig. 281) sînt : tegumentul, embrionul și endospermul secundar (albumenul).

1. *Tegumentul seminal* reprezintă un înveliș protector, impermeabil, care provine din integumentul sau integumentele ovulului. Pe suprafaţa sa se pot distinge următoarele formaţiuni : hilul, micropilul, rafa și diferite anexe cărnoase. *Hilul* se prezintă ca o mică adîncitură și reprezintă locul de detașare a seminţei de funicul, putînd avea formă de butonieră (ex. *Phaseolus*) sau de pată mare, circulară (ex. *Aesculus hippocastanum*). *Micropilul,* situat lîngă hil sau opus acestuia, reprezintă o mică ridicătură prevăzută cu un por (prin care va ieși radicula în timpul germinării seminţei). *Rafa* se prezintă ca o dungă longitudinală proeminentă, întinsă de la hil la chalază (ex. *Ricinus communis*).

Anexele cărnoase provin din „înmugurirea“ tegumentului, la nivelul micropilului sau al hilului, servind la diseminarea de către diferite animale a seminţei. *Arilul* se dezvoltă din funicul, pornește din vecinătatea hilului și apare ca un înveliș în formă de cupă moale ; crescînd, acest înveliș poate cuprinde parţial (ex. *Nymphaea alba)* sau total (ex. *Myristica fragrans*-nucșoara) sămînța. *Ariloidul* este asemănător cu arilul, dar pornește din regiunea micropilului și se întinde pe toată suprafaţa seminţei (ex. *Euonymus europaeus* — salbă moale). *Strofiola* este o expansiune cărnoasă a rafei (ex. *Chelidonium majus). Caruncului* se prezintă ca o proeminenţă ce acoperă de obicei micropilul (ex. *Ricinus communis).*

Suprafaţa tegumentului poate fi netedă (ex. *Phaseolus, Pisum),* reticulată (ex. *Nicotina tabacum*), aripată (ex. *Bignonia*) sau acoperită cu peri: numai la vîrful seminţei (ex. *Salix, Populus*) sau peste tot (ex. *Gossypium*).

Structura tegumentului variază foarte mult. Întotdeauna el este pluristratificat (mai gros la semințele fructelor dehiscente, mai subţire la cele din fructele indehiscente) și uneori diferenţiat în două zone : una externă (testa) și alta internă (tegmenul). *Testa* este dură, formată din celule cu pereţii îngroșaţi și lignificaţi. *Tegmenul* este moale, format din celule cu pereţii subţiri, celulozici (fig. 282). Astfel de seminţe, cu testă și tegmen, se numesc bitegminate (ex. *Phaseolus, Ricinus, Linum*), iar cele cu tegument nediferenţiat în zone diferite se numesc unitegminate *(Ranunculaceae, Gamopetalae).* La unele plante semiparazite *(Santalaceae, Loranthaceae)* tegumentul lipsește.

La unele specii testa este unistratificată *(Agrostemma githago* — neghină, *Nicotiana tabacum*), la altele bistratificată *(Leguminosae) :* un strat epidermic cu celule sclerificate, dispuse în palisadă și un strat de celule mosor. La seminţele de *Linum usitatissimum* tegumentul cuprinde : un strat epidermic puternic cutinizat, cîteva straturi de celule parenchimatice, un strat de celule mecanice, cîteva straturi de celule strivite, un strat de celule pigmentate.

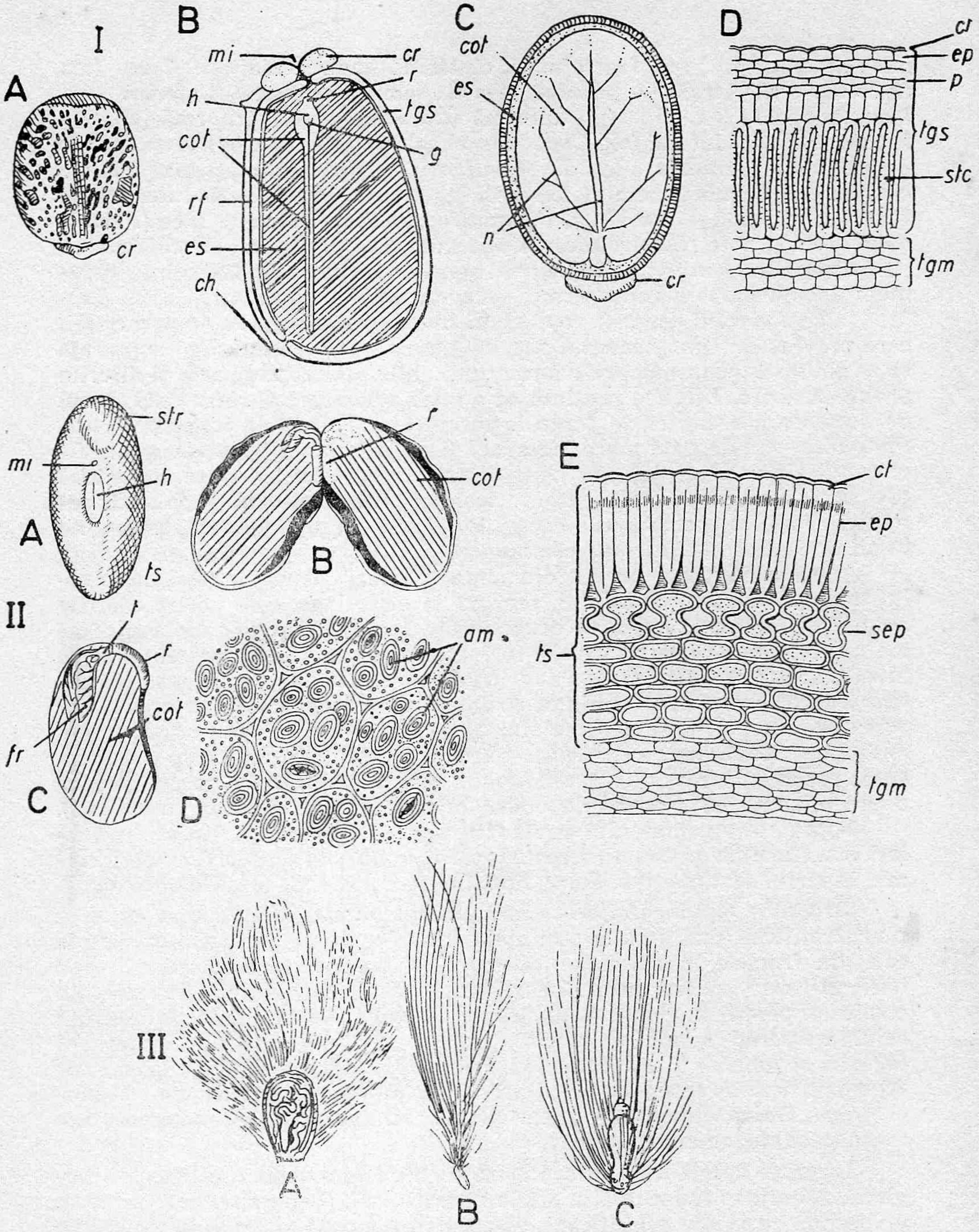


Fig. 281. Morfologia și structura seminței :

I — *Ricinus communis* (*A* — morfologie; *B* — secționată din profil; *C* — secționată paralel cu suprafața cotiledoanelor; *D* — structura tegumentului seminal); *II* — *Phaseolus* (*A* — văzută din profil; *B* — desfăcută; *C* — o jumătate a seminței, cu embrion și fără testă; *D* — porțiune dintr-o secțiune transversală prin cotiledon; *E* — secțiune transversală prin testă); *III* — Perii de pe semințe (*A* — *Gossypium herbaceum*; *B* — *Epilobium* sp.; *C* — *Salix* sp.); *am* — amidon; *ch* — chalază; *cot* — cotiledon; *cr* — caruncul; *ct* — cuticulă; *ep* — epidermă; *es* — endosperm secundar (albumen); *fr* — frunzulițe; *g* — gemulă; *h* — hipocotil; *mi* — micropil; *n* — nervuri; *p* — parenchim; *r* — radiculă; *rf* — rafă; *sep* — hipodermă (subepidermă); *stc* — strat cornos; *str* — strofiolă; *t* — tulpiniță; *tgm* — tegen; *tgs* — tegument seminal; *ts* — testă (*I*—*A*, *C*, *D* : după I. Morlova; *I*—*B*, *II* : după I. Grințescu; *III* : după M. Răvăruț și E. Turenschi).

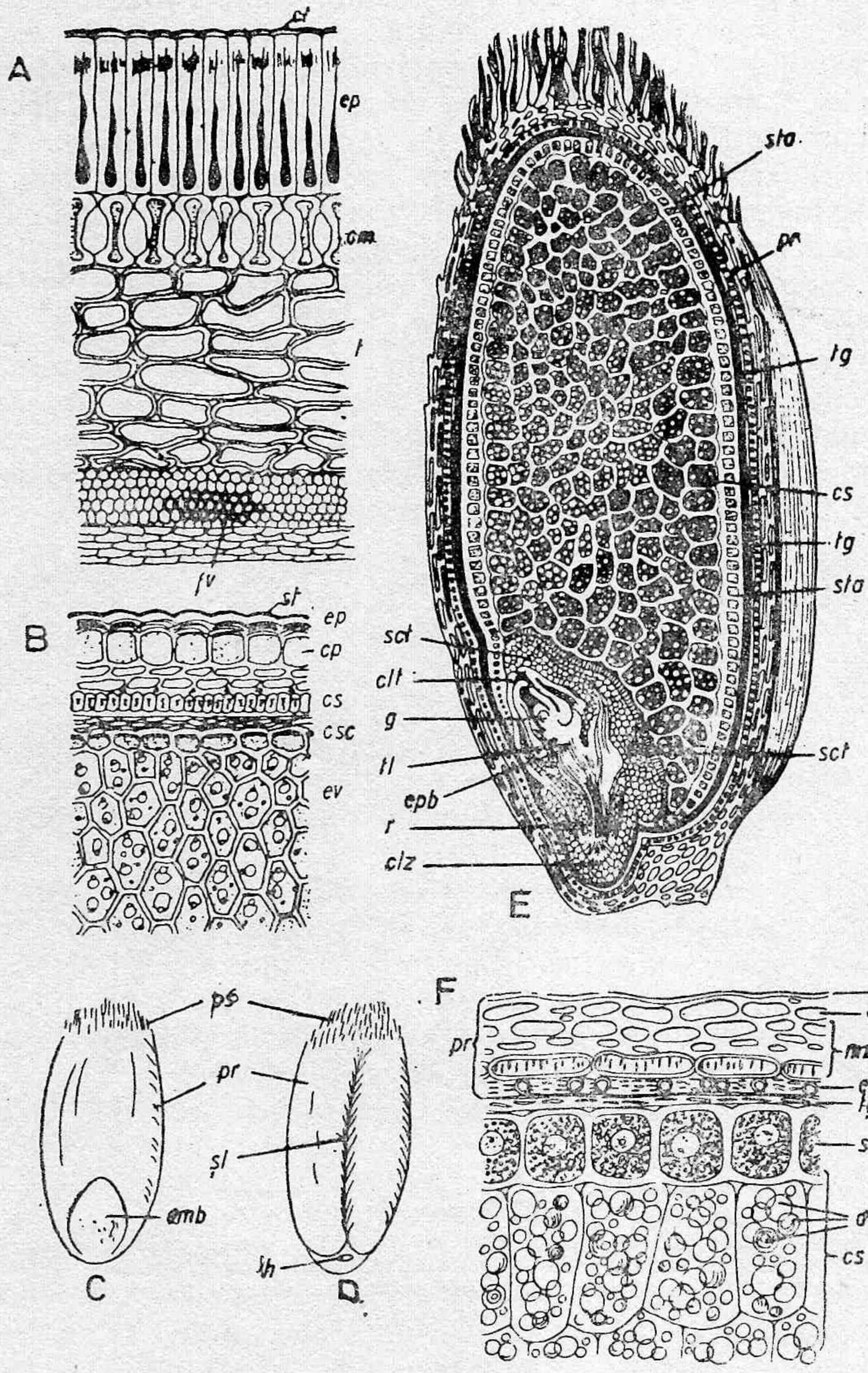


Fig. 282. Morfologia și structura seminței :

A — *Vicia faba* (secțiune transversală prin tegumentul seminal); *B* — *Linum usitatissimum* (secțiune transversală prin tegumentul seminal); *C* — *Triticum* sp.) (morfologia cariopsei văzută dorsal); *D* — *Triticum* sp. (morfologia cariopsei văzută ventral); *E* — *Triticum* sp. (cariopsa secționată longitudinal); *F* — *Triticum* sp. (sector mărit, din secțiunea prin cariopsă); *am* — amidon; *clt* — coleoptil; *clz* — coleoriză; *cm* — celule mosor; *cp* — celule parenchimatice; *cs* — celule strivite; *csc* — celule sclerenchimatice; *ct* — cuticulă; *ect* — ectocarp; *emb* — embrion; *endc* — endocarp; *ep* — epidermă; *epb* — epiblast; *es* — endosperm secundar; *fv* — fascicul vascular; *g* — gemulă; *h* — hil; *mzc* — mezocarp; *pr* — pericarp; *ps* — perii stigmatului; *r* — radiculă; *sct* — scutelum (cotiledon); *sta* — strat aleuronal; *șl* — șanț longitudinal; *t* — tegmen; *tg* — tegument; *tl* — tulpiniță (tigelă) (*A, B, E, F* după I. Grințescu; *C, D*: după Genevès).

2. *Embrionul* este partea cea mai importantă a seminței și provine din diviziunile repetate și diferențierea zigotului diploid, rezultat în urma fecundării oosferei de către unul din cei doi gameți masculi. Embrionul este alcătuit din *radiculă*, *tigelă*, *gemulă* și unul sau două *cotiledoane*. Radicula este situată în apropierea micropilului, baza ei confundîndu-se cu cea a tigelei. Gemula se află între două cotiledoane (la *Dicotyledonatae)* sau la baza cotiledonului unic (la *Monocotyledonatae).* Există și *Dicotyledonatae* cu un singur cotiledon (ex. *Ficaria verna, Corydalis*) sau cu cotiledoane inegale (ex. *Citrus aurantium* — portocal) după cum și *Monocotyledonatae* cu două cotiledoane inegale (ex. *Triticum, Avena*), cel mare numindu-se *scutelum,* iar cel mic, rudimentar, *epiblast.*

Cu privire la forma embrionului (fig. 283), menționăm că aceasta corespunde în general formei ovulului din care a luat naștere sămînța. Embrionul poate fi drept, ca la *Ricinus communis, Amygdalus communis, Quercus,* arcuat, ca la *Papaver, Amaranthus* (știr), *Nicotiana,* spiralat, ca la majoritatea speciilor de *Cruciferae, Solanum tuberosum, Salsola ruthenica* (ciurlan), în formă de scut, ca la *Gramineae.*

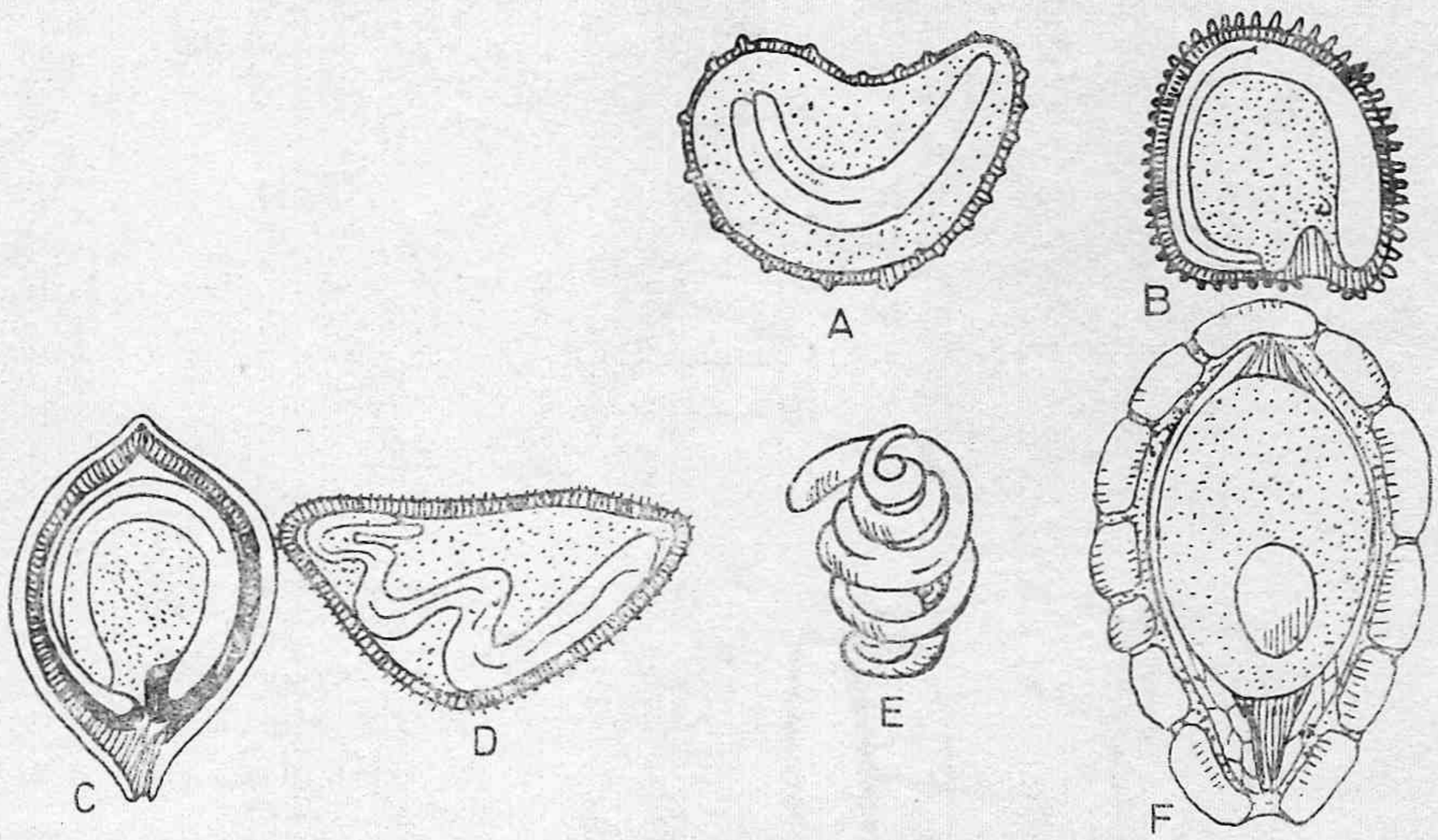


Fig. 283. Forme de embrioni :

A — puțin curbat (*Papaver somniferum*); *B* — mult curbat (*Agrostemma githago*); *C* — circular (*Spinacia oleracea*); *D* — ondulat (*Convolvulus arvensis*); *E* — spiralat (*Salsola ruthenica*); *F* — nediferențiat (*Orobanche cumana*) (după M. Răvăruț și E. Turenschi).

3. *Endospermul* (secundar) sau albumenul constituie țesutul de rezervă din care se va hrăni embrionul în timpul germinării seminței. El ia naștere din diviziunile repetate ale zigotului accesoriu, rezultat în urma fecundării nucleului secundar de către unul din cei doi gameți masculi. Ținînd seama de prezența sau absența endospermului secundar, se deosebesc două categorii de semințe : albuminate și exalbuminate. Semințele *albuminate* au un țesut special de rezervă, triploid, situat în afara embrionului și numit endosperm secundar sau albumen (rezultat în urma dublei fecundații). Acest tip de semințe este cel mai frecvent întîlnit la *Monocotyledonatae,* dar și la unele *Dicotyledonatae* (ex. *Euphorbiaceae,*

Solanaceae, Umbelliferae ș.a.). Pe lîngă endosperm, la unele plante există și *perisperm*, un țesut de rezervă suplimentar (ex. *Nymphaea, Piper* — piper, *Dianthus* ș.a.) sau numai perisperm (straturi ale nucelei, rămase nedigerate de endosperm în cursul embriogenezei și în care s-au înmagazinat substanțe de rezervă) (ex. *Canna indica).* După natura chimică a substanțelor de rezervă conținute, endospermul poate fi : amilaceu (ex. *Gramineae),* oleaginos (ex. *Ricinus, Linum, Cannabis, Helianthus annuus),* aleuronic (ex. *Leguminosae, Umbelliferae*), cornos-hemicelulozic (*Phoenix, Coffea* — cafea). Adesea, în aceeași sămînță întîlnim mai multe categorii de substanțe de rezervă.

Semințele *exalbuminate* sînt acelea care la maturitate nu au endosperm, ci substanțele de rezervă sînt conținute în cotiledoanele embrionului, care în acest caz devin foarte groase (ex. *Leguminosae).*

6.2.6.9. FRUCTUL

Este o formațiune proprie angiospermelor și ia naștere din gineceu (cel mai adesea din ovar), în urma procesului de fecundare, adăpostind una sau mai multe semințe, care provin din ovul sau ovule.

Un fruct normal dezvoltat este reprezentat printr-un perete numit *pericarp,* rezultat din peretele ovarului, adică din țesuturile carpelei sau carpelelor concrescute. Pericarpul este, de obicei, diferențiat în *epicarp* sau *exocarp,* provenit din epiderma externă a carpelei, *mezocarp,* provenit din mezofilul carpelei (crescut mult în grosime) și *endocarp,* provenit din epiderma internă a carpelei.

Consistența pericarpului poate fi cărnoasă sau uscată. *Pericarpul cărnos* își datorește această însușire mezocarpului, format în acest caz din celule parenchimatice mari, avînd vacuole bogate în zaharuri sau ulei. Epicarpul se menține ca o pieliță subțire. Endocarpul poate da naștere la celule mari, alungite, suculente, care proeminează în locului ovarului, ca de ex. la *Citrus* și constituie partea comestibilă a fructelor respective. În unele cazuri endocarpul este gros, tare, format din sclereide (de ex. la *Prunoideae).*

Pericarpul uscat este format din celule care la maturitate nu mai au conținut viu și ai căror pereți se îngroașă și se lignifică de cele mai multe ori. Epicarpul (uneori împreună și cu cîteva straturi din mezocarp) poate da naștere la excrescențe de forme variate : aripi, ca la *Ulmus, Acer,* cîrlige și țepi, ca la *Datura* etc. Consistența pericarpului uscat este diferită, încît el poate fi *dur,* format din sclereide, ca la *Quercus* sau *pergamentos,* ca la *Leguminosae.*

La formarea fructului, pe lîngă ovar pot participa și alte piese florale : stilul, ca la *Clematis vitalba,* stilul și stigmatul, ca la *Quercus,* stigmatul, ca la *Papaver,* caliciul ca la *Fragaria, Physalis, Lycopersicum,* receptaculul, caliciul, baza corolei și a androceului, ca la *Malus, Pyrus, Cydonia,* întregul periant, ca la *Morus.* Această categorie de fructe, provenind din mai multe părți ale florii, au fost numite *antocarpii.* Facem precizarea că de fapt, la *Fragaria, Physalis* și *Lycopersicum,* caliciul rămîne atașat de fruct, nu participă direct la formarea lui ; la fel se poate spune

și despre caliciul, baza corolei și a androceului de la fructul pomoideelor.

La unele plante, fructele care provin din florile unei inflorescențe rămîn legate împreună, mai mult sau mai puțin îndepărtate, ca la *Tilia, Quercus, Fagus, Ficus carica* (smochin), *Lappa major* (brusture), *Xanthium* (holeră, cornuți) ș.a. sau concrescute între ele, ca la *Lonicera.* Această categorie de fructe au fost numite *cenantocarpii.*

Morfologia fructelor. Forma fructelor este în general globuloasă, ovală, alungită, semilunară, conică etc. Mărimea fructelor variază în limite foarte mari : de la cîțiva milimetri (ex. *Orchidaceae),* la cîțiva centimetri lungime. La *Cucurbita maxima* fructul poate atinge diametrul de 50 cm, iar la *Entada scandens,* 1,5 m lungime și 10 cm lățime. Simetria fructelor este de regulă radiară ; mai rar fructele pot fi monosimetrice sau cu simetrie bilaterală. Greutatea fructelor variază de la cîteva zeci de miligrame, pînă la cîteva zeci de kilograme (ex. 60 kg la *Cucurbita maxima).* Culoarea este în general verde la fructele tinere și diferită la fructele mature, datorită antocianilor și carotenoizilor insolubili în apă.

Nomenclatura fructelor. Unul dintre neajunsurile nomenclaturii în uz este folosirea aceloraşi denumiri pentru fructe provenite din tipuri diferite de gineceu. În scopul precizării tipului de fruct ar trebui să se utilizeze denumirea comună tipului de fructe analoage, dar neapărat împreună cu aceea a tipului de gineceu din care provin fructele respective. De ex. bacă sincarpă superioară, poliseminală *(Vitis vinifera),* bacă paracarpă inferioară *(Ribes grossularia* — agriș), nucă sincarpă superioară, monoseminală *(Tilia)* etc.

Potrivit acestor păreri, tipurile de fructe se definesc și se caracterizează după cum urmează :

Fructuleț (carpidium) : partea fructului apocarp, polimer, care derivă dintr-un pistil. Această denumire se poate aplica foliculei, nuculei ș.a., neînsemnînd fruct mic sau parte dintr-un fruct care se divide.

Fructe simple : cele ce iau naștere dintr-un gineceu monocarpelar sau pluricarpelar cenocarp ; deci din fiecare floare se formează un singur fruct.

Fructe multiple : cele ce iau naștere dintr-un gineceu pluricarpelar apocarp ; deci dintr-o floare se vor forma atîtea fructe cîte carpele are gineceul. Din această categorie menționăm : poliachena (ex. multe *Ranunculaceae : Ranunculoideae* și *Anemonoideae,* precum și *Rosoideae),* polifolicula (ex. *Helleboroideae, Paeoniaceae, Spiraeoideae),* polidrupa (ex. *Rubus).*

Fructe apocarpoide : cele ce iau naștere din gineceu pluricarpelar cenocarp, dar la care carpelele se desfac la maturitate, fiecare din ele formînd un fruct care se detașează separat. Așadar, vor rezulta atîtea fructe cîte carpele are gineceul, sau un număr dublu (datorită formării unor pereți falși în ovar). Din această categorie menționăm : tetraachena (ex. *Boraginaceae, Labiatae),* disamara (ex. *Aceraceae).*

Fructe compuse (fig. 284) : cele ce iau naștere dintr-o întreagă inflorescență, în care florile sînt foarte apropiate între ele. Din această categorie menționăm : *soroza* (ex. *Morus),* la care perigonul devine cărnos și înconjură achenele, *sicona* (ex. *Ficus carica*), la care axa inflorescenței devine cărnoasă și închide în interior achenele, *glomerulul* (ex. *Beta vulga-*

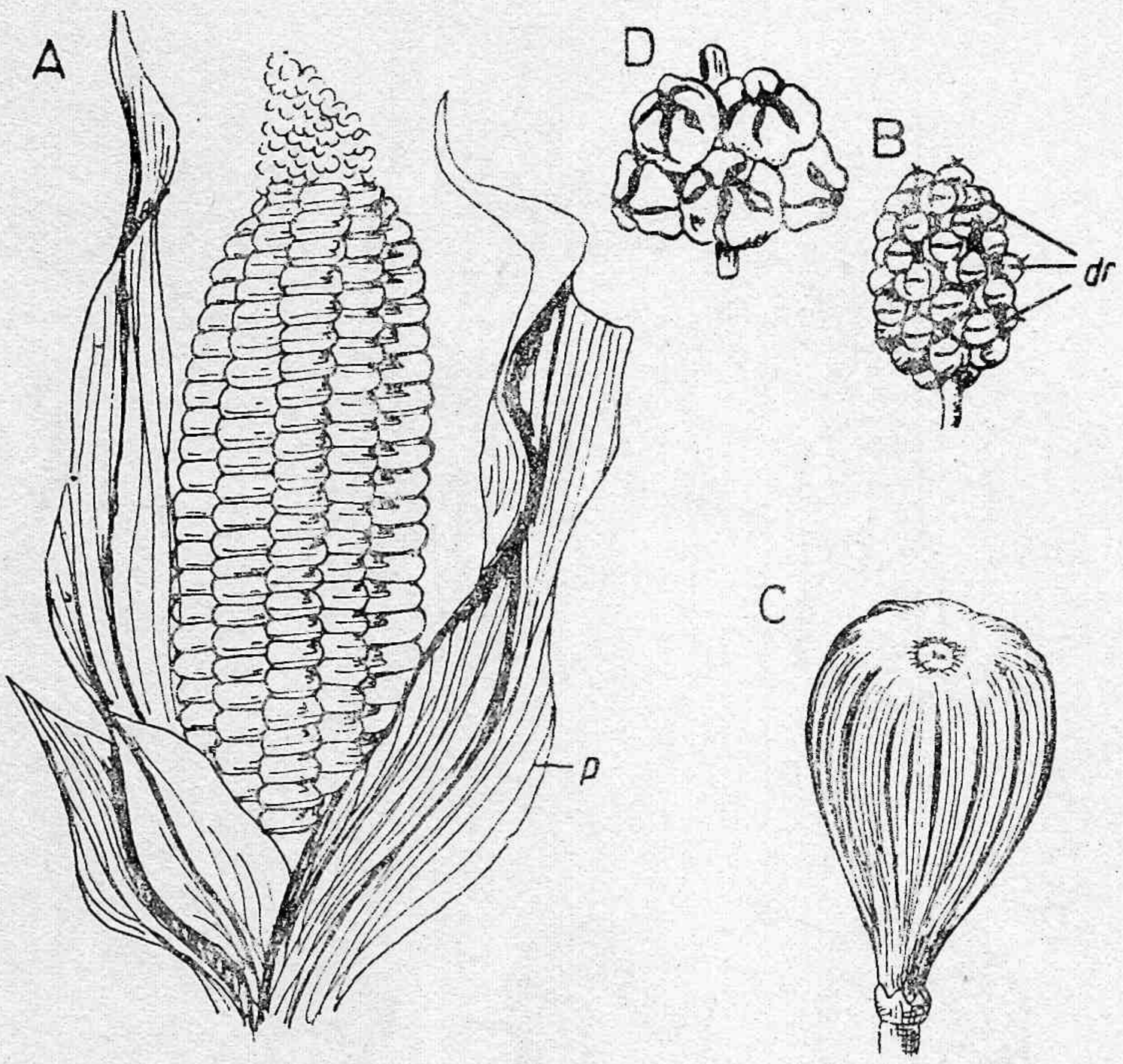


Fig. 284. Fructe cenantocarpe :

A — Zea mays; B — Morus sp.; *C — Ficus carica; D — Beta vulgaris; dr* — drupușoare; *p* — pănuși (*A—C :* după I. Grințescu; *D :* după M. Răvăruț și E. Turenschi).

ris), la care perigonul persistă pe fructele grupate cîte 2—4 în glomerule, *știuletele* (ex. *Zea mays),* la care cariopsele se înseră pe un ax comun și este învelit de pănuși.

Fructe „false" : cele ce provin din ovar, dar sînt însoțite sau intim concrescute cu alte piese florale. Aceste fructe sînt de două mari categorii : uscate și cărnoase, fiecare din ele putînd fi dehiscente sau indehiscente. Fructe uscate indehiscente : pseudoachena, ca la *Aster, Carex* (tot aici intră și ghinda de la stejar, jirul de la fag, samara de la carpen), diachena (dicariopsa), ca la *Umbelliferae,* pseudocariopsa, ca la multe *Gramineae* (orz, ovăz, orez). Fructe uscate dehiscente : pseudocapsula, ca la *Campanula.* Fructe cărnoase indehiscente : pseudobaca, ca la *Ribes,* melonida sau peponida, ca la *Cucurbitaceae* (dovleac, pepene), pseudodrupa, ca la *Viburnum,* poama, ca la *Pomoideae* (păr, măr, gutui, la care cea mai mare parte a fructului provine din dezvoltarea receptaculului), fraga, ca la *Fragaria,* la care achenele sînt implîntate în receptaculul cărnos, măceașa, ca la *Rosa* (la care achenele sînt implîntate în cupa receptaculară). Fructe cărnoase dehiscente : pseudodrupă, ca la *Juglans regia* (la care drupa este învelită de o pieliță receptaculară), pseudobaca, ca la *Ecballium elaterium* (plesnitoare).

Conform concepțiilor relativ mai noi asupra definiției fructului (M. Gușuleac, R. E. Levina ș.a.), toate aceste fructe, așa-numite

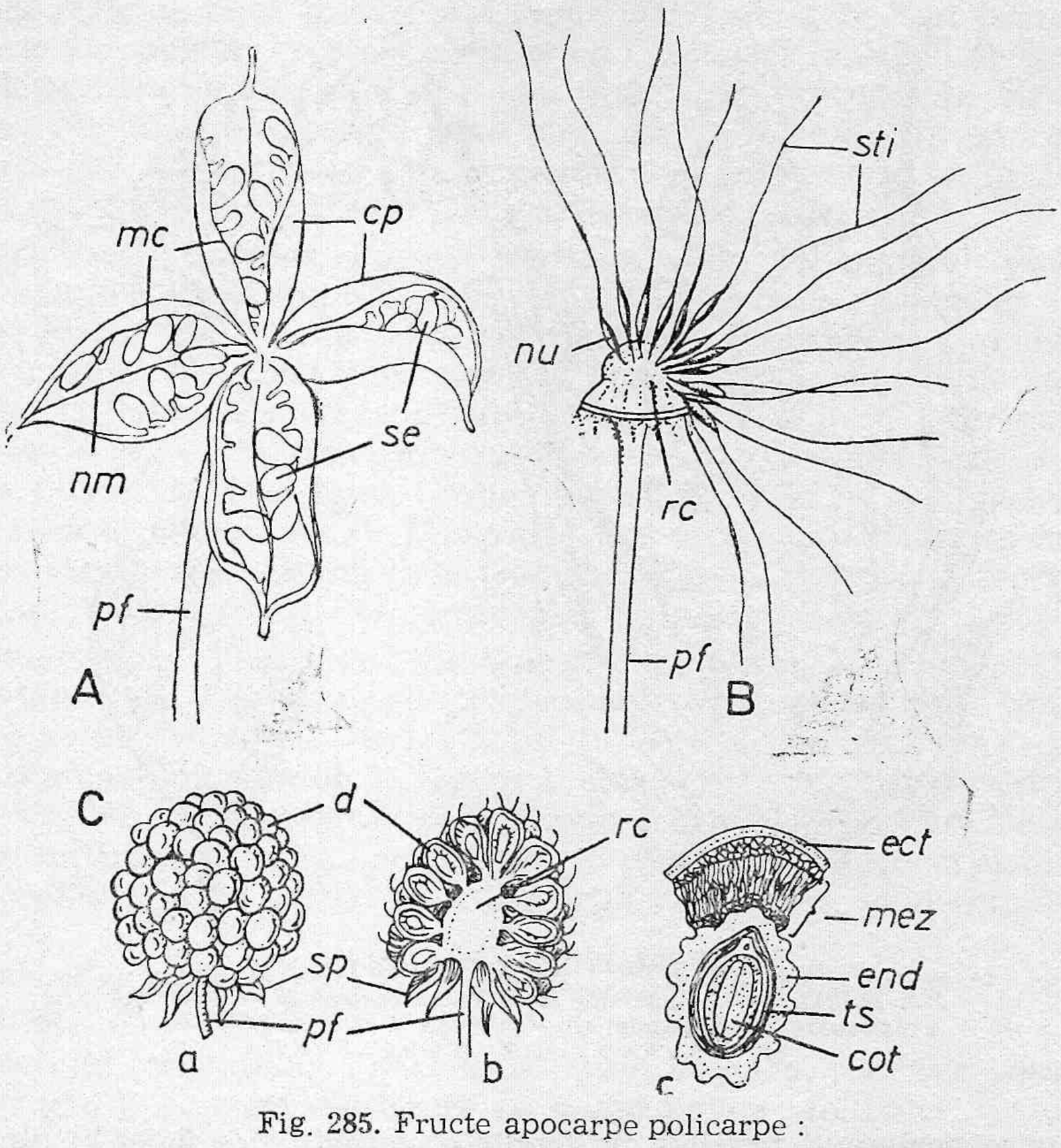


Fig. 285. Fructe apocarpe policarpe :

A — capsulă (*Paeonia* sp.); *B* — nuculă (*Pulsatilla* sp.); *C* — polidrupă (*Rubus idaeus*); *a* — aspectul unei polidrupe; *b* — secțiune longitudinală prin polidrupă; *c* — secțiune transversală prin drupușoară; *cot* — cotiledon; *cp* — carpelă; *d* — drupușoară; *ect* — ectocarp; *end* — endocarp; *mc* — marginea carpelei; *mez* — mezocarp; *nm* — nervură mediană; *nu* — nucă; *pf* — peduncul floral; *rc* — receptacul; *se* — semințe; *sp* — sepale; *sti* — stil; *ts* — tegument seminal (*A, B* : după I. T. Tarnavschi și colab.; *C* : după M. Răvăruț și colab.).

false, sînt în realitate fructe adevărate (simple, multiple sau apocarpoide), deoarece ele provin din floare în urma procesului de fecundație.

Clasificarea fructelor simple. Clasificațiile bazate numai pe anumite însușiri morfologice și anatomice ale fructului, alese mai mult sau mai puțin arbitrar, au un caracter artificial, static, nereflectînd procesul de evoluție a plantelor. Un sistem de clasificare care face un salt calitativ în comparație cu precedentele este *sistemul natural*, alcătuit de M. Guș u l e a c în 1939, după care grupele mari de fructe au fost stabilite atît pe baze morfologice, cît și genetice.

Conform acestui sistem fructele simple sînt de trei categorii : apocarpice, apocarpoide și eusincarpice. *Fructele apocarpice* (fig. 285) provin dintr-un gineceu polimer apocarp și pot fi policarpice : capsule *(Ranunculaceae, Rosaceae, Crassulaceae)*, nucule *(Ranunculaceae, Rosaceae, Alismataceae)*, bace *(Anonnaceae)*, drupe *(Schizandra, Rubus, Potamogeton)* și mo-

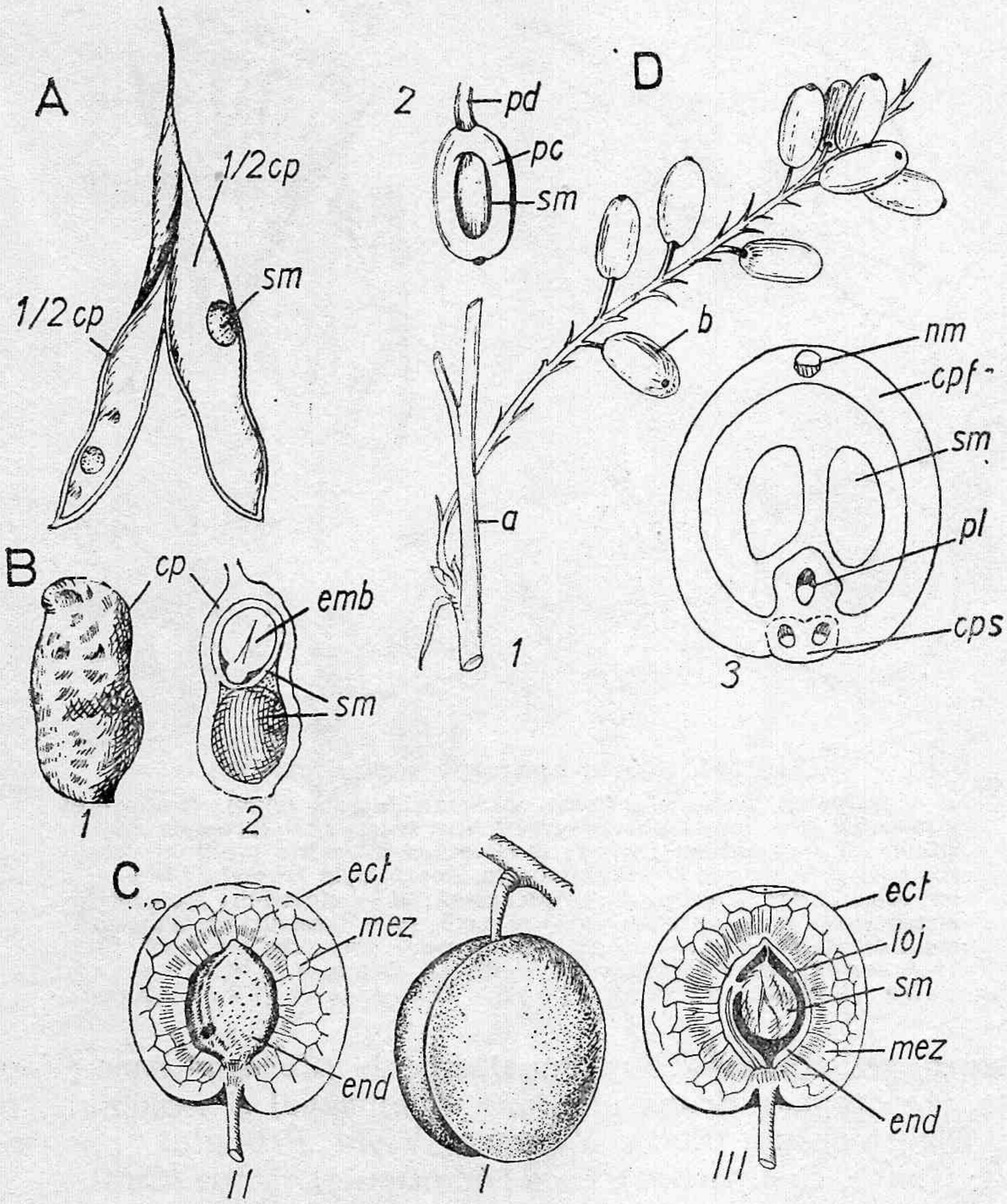


Fig. 286. Fructe apocarpe monocarpe :

A — capsulă monocarpică cu dehiscență ventrală foliculă (*Cytisus* sp.); *B* — nucă (*Arachis hypogaea* : *1* — nucă întreagă; *2* — nucă în secțiune longitudinală); *C* — drupă (*Prunus domestica*; *I* — morfologia fructului; *II* — secțiune longitudinală prin fruct; *III* — secțiune longitudinală prin fruct și sămînță); *D* — bacă (*Berberis vulgaris: 1* — axă cu racem de fructe; *2* — bacă în secțiune longitudinală; *3* — schema secțiunii transversale prin bacă); *a* — axă tulpinală; *b* — bacă; *cp* — carpelă; *cpf* — carpelă fertilă; *cps* — carpelă sterilă; *ect* — ectocarp; *emb* — embrion; *end* — endocarp; *loj* — locul ovarian; *mez* — mezocarp; *nm* — nervură mediană; *pc* — peretele carpelei; *pd* — peduncul; *pl* — nervură placentară; *sm* — sămînță (*A, D*: după I. T. Tarnavschi și colab.; *B, C*: după I. Grințescu).

nocarpice (fig. 286) : capsule-folicule *(Leguminosae)*, nucule *(Arachis, Urtica)*, bace *(Berberis, Phoenix)*, drupe *(Amygdalus)*. Celelalte fructe apocarpice (de la *Pomoideae, Rosoideae, Nigella* ș.a.) sînt unite în mod secundar prin axe sau prin periant (fig. 287).

Fructele eusincarpice (întotdeauna policarpice) (fig. 288) provin dintr-un gineceu polimer cenocarp și pot fi : septate, pluriloculare : capsule (silicvoide — *Caryophyllaceae, Cruciferae, Liliaceae*, unele *Solanaceae* și *Scrophulariaceae*, pixide — *Hyoscyamus niger*, poricide — *Campanula*,

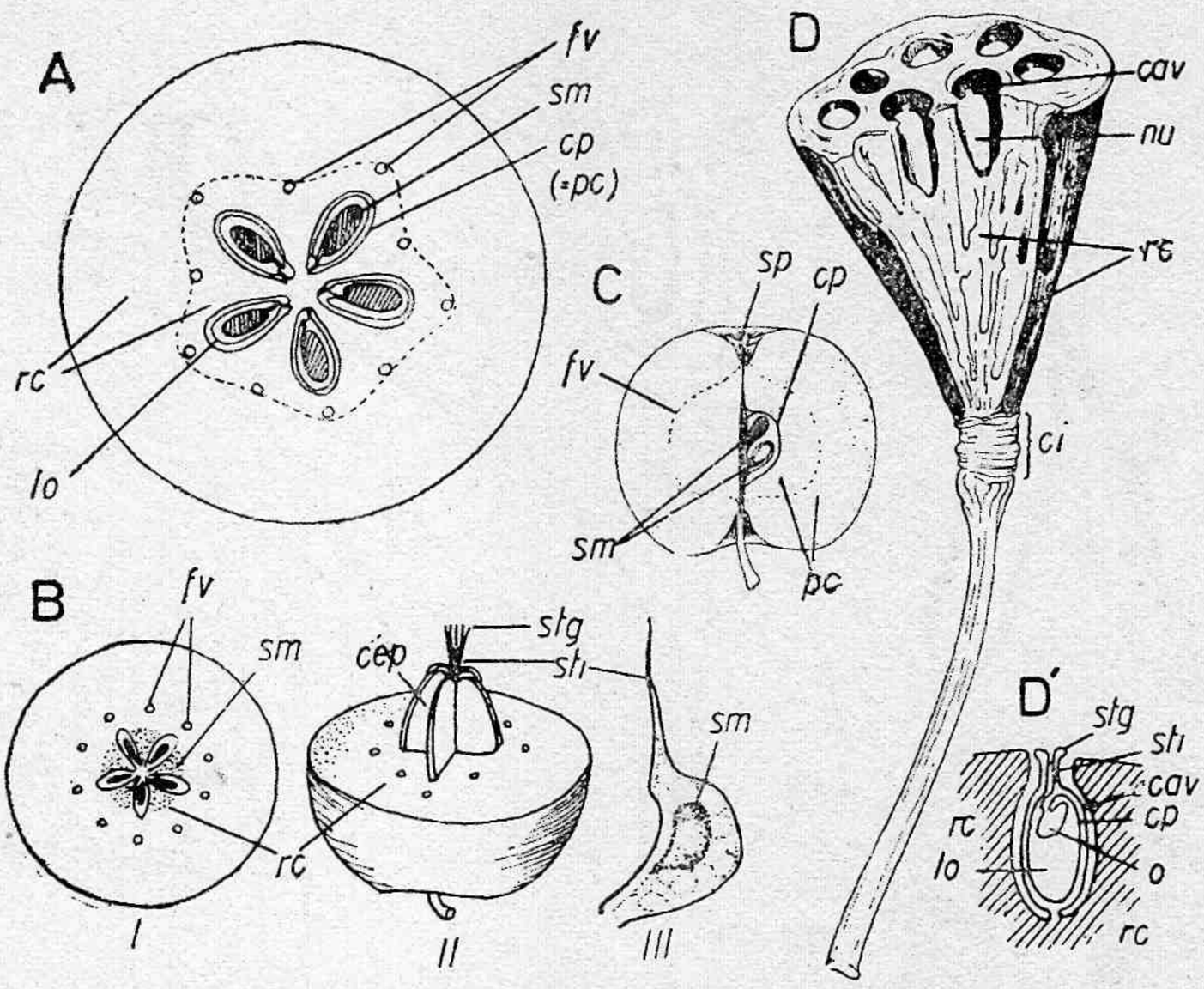


Fig. 287. Fructe apocarpe metasincarpe :

A — *Malus* sp. (schema secţiunii transversale prin fruct) ; *B* — *Malus domestica* (*I* — secţiune transversală prin fruct; *II* — carpelele sînt vizibile; *III* — fructuleţ izolat) ; *C* — *Malus silvestris* (secţiune longitudinală prin fruct) ; *D* — *Nelumbo* sp. (morfologia fructului; *D'* — sector mărit) ; *cav* — cavitate receptaculară; *ci* — cicatricile elementelor androceului şi periantului; *cp* — carpelă; *fv* — fascicul vascular; *lo* — locul ovarian; *nu* — nuculă; *o* — ovul; *pc* — pericarp; *sm* — sămînţă; *sp* — sepale; *stg* — stigmat; *sti* — stil; (*A, D :* după I. T. Tarnavschi şi colab.; *B :* după Troll.; *C :* după Strasburger).

Antirrhinum, articulate — *Raphanus)*, nucule *(Cocos)*, bace *(Vaccinium, Cucurbita, Asparagus)*, drupe *(Juglans, Sambucus)* şi neseptate, uniloculare (fig. 289) : capsule *(Salix, Papaver, Viola, Primula)*, nucule-achene *(Fraxinus, Ulmus, Compositae)*, bace *(Adansonia)*, drupe *(Celtis)*.

Fructele apocarpoide (fig. 290) provin dintr-un gineceu sincarp, polimer, dar care se divide în carpele întregi sau părţi de carpele (care închid sămînţa). Acestea, la rîndul lor se clasifică în *euschizocarpii* (se desfac carpele întregi ca fructe) : capsule sau folicule *(Euphorbiaceae, Gentianaceae)*, nucule *(Aceraceae, Umbelliferae, Rubiaceae)*, bace *(Tropaeolum)*, drupe *(Palamae)* şi *anaschizocarpii* (se desfac părţi de carpelă ca fructe) : capsule (unele *Malvaceae*), nucule (unele *Malvaceae, Boraginaceae*), bace, drupe (unele *Labiatae)*.

Tipuri de fructe simple, caracterizate din punct de vedere morfologic şi anatomic :

A. *Fructe cărnoase* (fig. 291). Au epicarp subţire (cutinizat sau cerificat), mezocarp cărnos, foarte gros (colorat datorită antocianilor şi carotenoidoplastelor din celule) ; cînd nu sînt încă mature, fructele cărnoase conţin acizi organici şi taninuri, substanţe care le fac acre şi astringente.

1. Baca este de regulă poliseminală (ex. *Vitis, Ribes, Vaccinium, Lycopersicum, Atropa* etc.).

2. Fructe baciforme. a — *peponida* (ex. *Cucurbitaceae*) are epicarp mai tare, iar la formarea părţii cărnoase participă (pe lîngă mezocarp) pla-

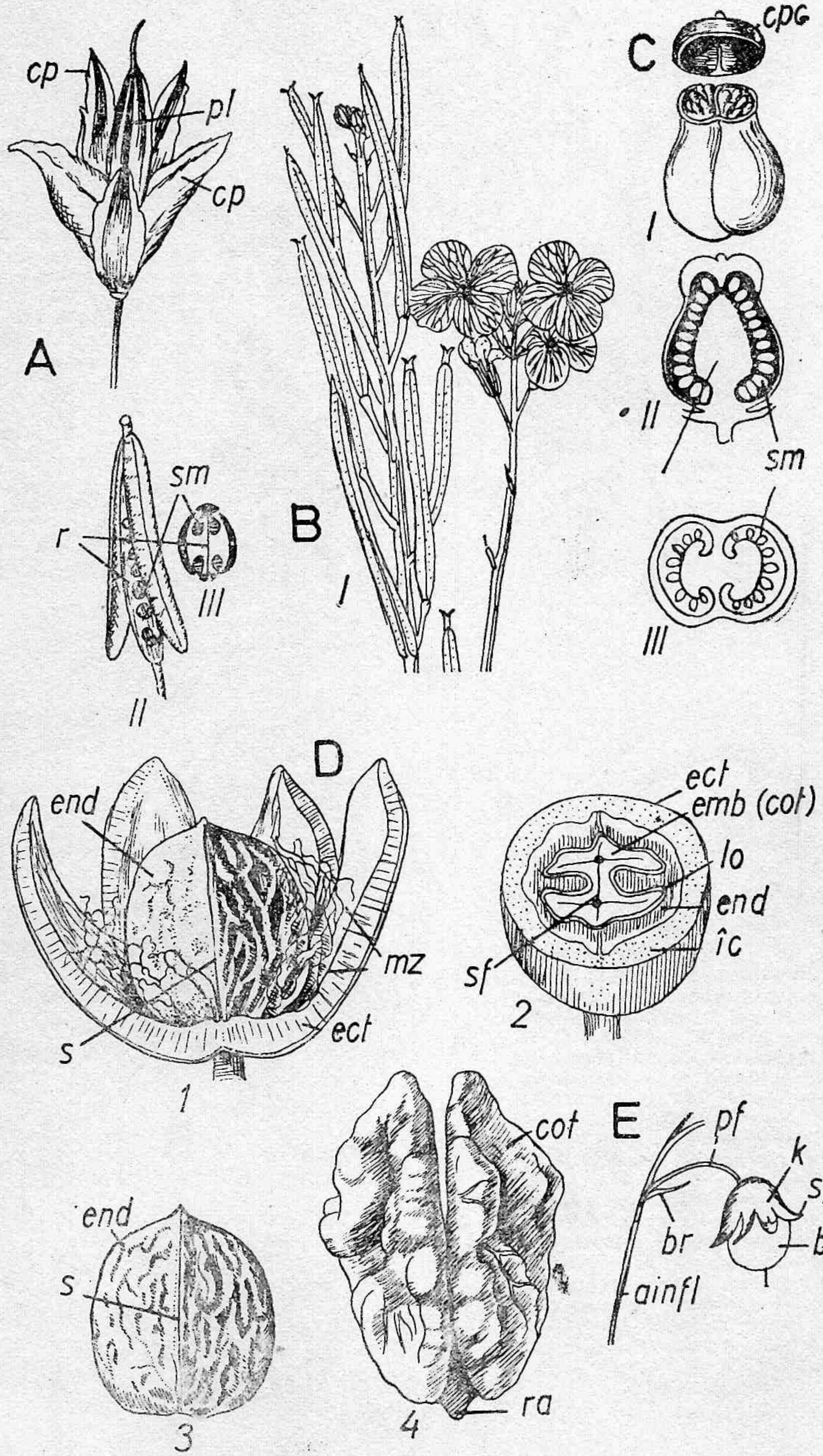


Fig. 288. Fructe eusincarpe pluriloculare :

A — capsulă (*Rhododendron* sp.); *B* — silicvă (*Cheiranthus cheiri*: *I* — mai multe fructe închise; *II* — fruct deschis; *III* — fruct în secțiune transversală); *C* — pixidă (*Hyoscyamus niger*: *I* — pixidă protejată de caliciu; *II* — secționată longitudinal; *III* — secționată transversal); *D* — drupă (*Juglans regia*: *1* — fruct matur cu ectocarpul și mezocarpul crăpat; *2* — parte din fruct, secționat transversal; *3* — sămînță închisă în endocarp; *4* — sămînță liberă de endocarp, la care se observă cotiledoanele); *E* — bacă (*Convallaria majalis*); *ainfl* — axa inflorescenței; *b* — bacă: *br* — bractee; *cot* — cotiledoane; *cp* — carpelă; *cpc* — căpăcel; *ect* — ectocarp; *emb* — embrion; *end* — endocarp; *îc* — învelișul cărnos al fructului; *k* — caliciu; *lo* — locul ovarian; *mz* — mezocarp; *pf* — peduncul floral; *pl* — placentă; *r* — replum; *ra* — radiculă; *s* — sutură; *sf* — septumuri false; *sm* — sămînță; *sp* — sepale (*A, E*: după I. T. Tarnavschi și colab.; *B, I*: după Flora R.P.R.; *B, II, III*: după I. Grințescu; *C, D*: după Troll).

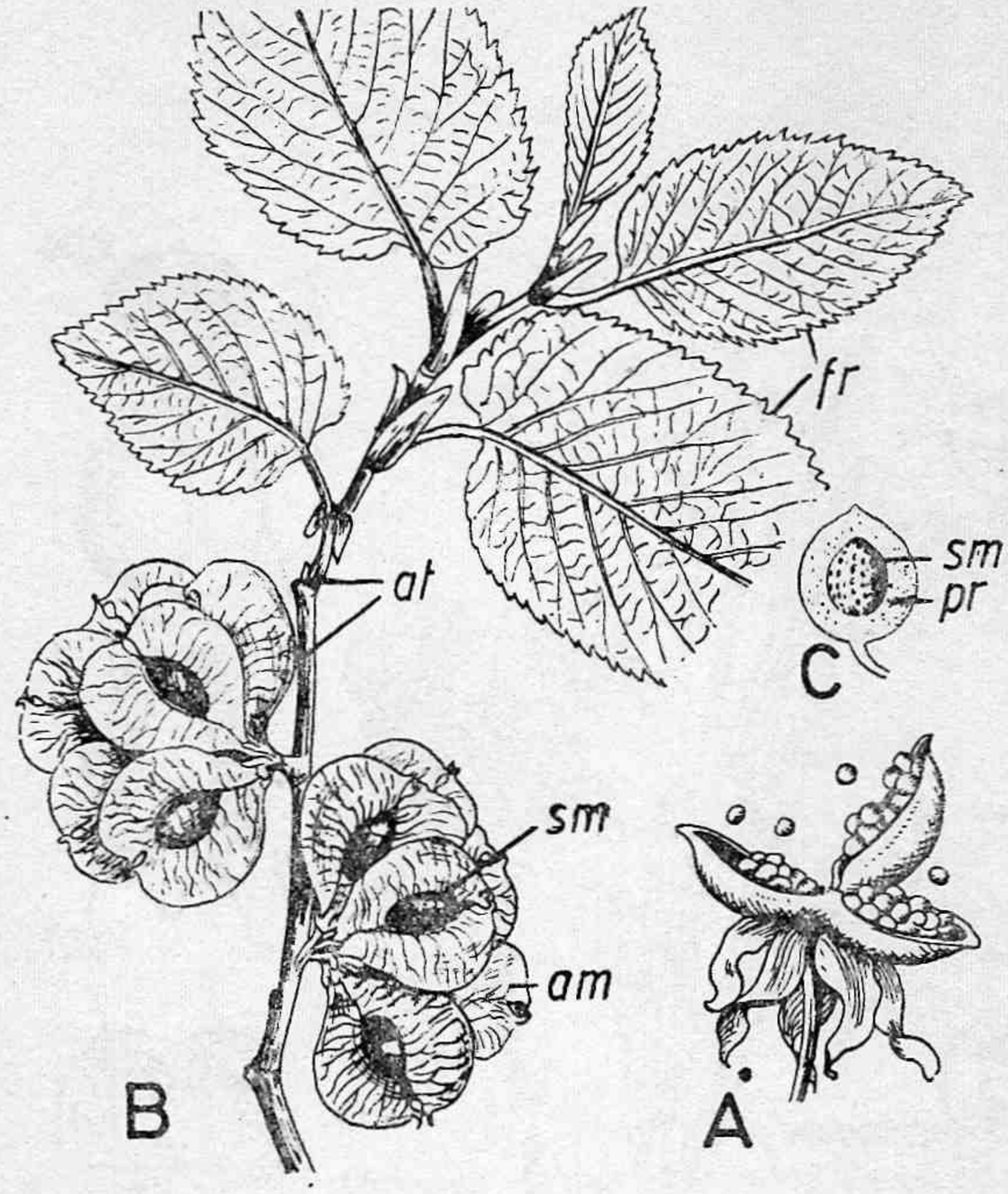


Fig. 289. Fructe eusincarpe uniloculare :

A — capsulă (*Viola elatior*); *B* — nucă (*Ulmus glabra*); *C* — drupă (*Celtis australis*); *am* — aripă membranoasă; *at* — axă tulpinală; *fr* — frunze; *pr* — pericarp; *sm* — sămînță (*A*, *B* : după K e r n e r; *C* : după Flora R.P.R.).

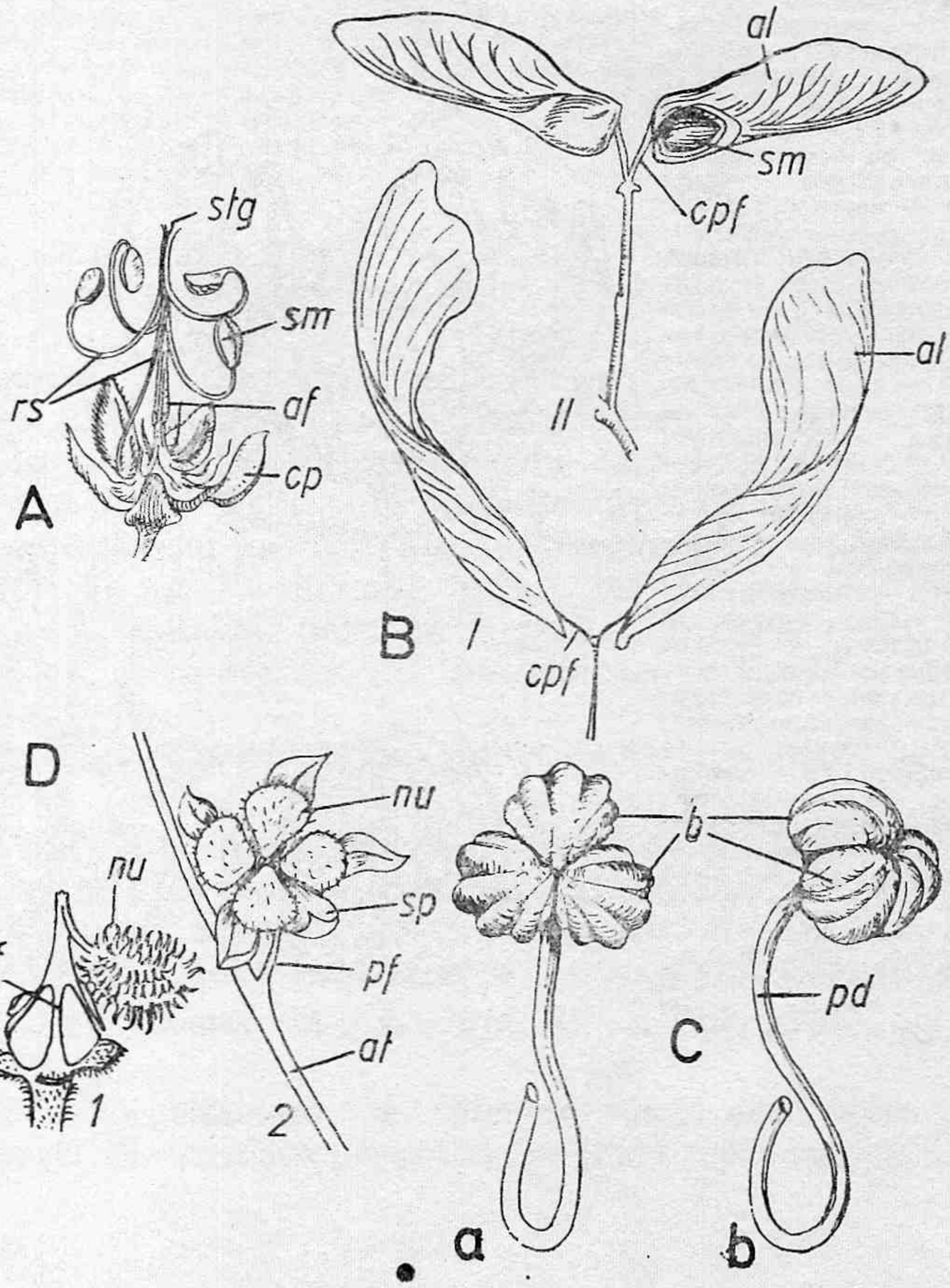


Fig. 290. Fructe apocarpoide :

A — euschizocarp-capsulă (*Geranium pratense*); *B* — euschizocarp-nucă-samară (*Acer* sp. : I privită dorsal; *II* — privită ventral); *C* — euschizocarp-bacă (*Tropaeolum majus*: *a* — văzută de sus; *b* — văzută lateral); *D* — anaschizocarp-nucă (*Cynoglossum* sp.); *af* — axă floral; *al* — aripă laterală; *at* — axă tulpinală; *b* — bacă; *cp* — carpele la maturitatea fructului; *cpf* — carpofor; *nu* — nucușoare; *pd* — peduncul; *pf* — pedunculul floral; *rs* — rostrum; *sm* — sămînță; *sp* — sepale; *stg* — stigmat (*A* : după I. G r i n ț e s c u; *B*—*D* : după I. T. T a r n a v s c h i și colab.).

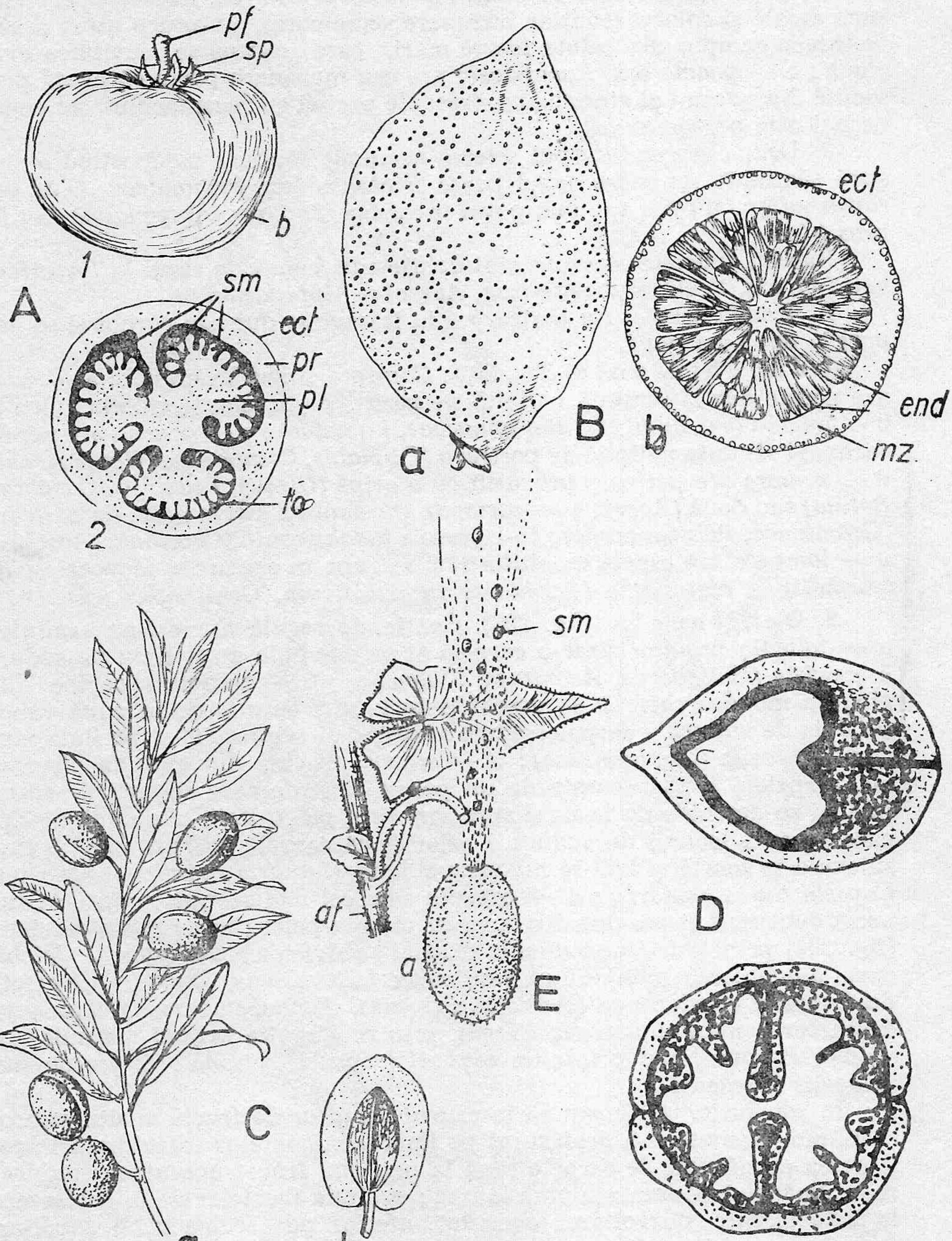


Fig. 291. Fructe cărnoase :

A — fruct eusincarp plurilocular-bacă (*Lycopersicum esculentum*); *B* — fruct eusincarp plurilocular-hesperidă (*Citrus limon*); *C* — drupă (*Olea europaea*); *D* — drupă (*Juglans regia*); *E* — fruct cărnos dehiscent (*Ecballium elaterium*); *af* — axă floral; *b* — bacă; *ect* — ectocarp; *end* — endocarp; *lo* — locul ovarian; *mz* — mezocarp; *pf* — peduncul floral; *pl* — placentă; *pr* — pericarp; *sm* — sămînță; *sp* — sepale (*A, B*: după M. Răvăruț și colab.; *C, D*: după Strasburger; *E*: după Schmeil).

centele și pereții loculilor ovarieni ; b — *hesperida* (ex. *Rutaceae*) are epicarp moale și colorat (conține buzunare secretoare), mezocarp uscat și alb, endocarp compus din celule foarte mari, care căptușesc cavitatea ovariană ; c — *poama* (ex. *Pomoideae*) are cea mai mare parte cărnoasă provenită din periant și gineceu, concrescute parțial cu receptaculul, iar endocarpul este pergamentos.

3. Drupa are endocarpul scleros și numit sîmbure (adăpostind o singură sămînță), iar mezocarpul poate fi cărnos (ex. *Prunoideae, Olea europea* ș.a.), mai mult sau mai puțin uscat (ex. *Juglans, Amygdalus*) sau fibros *(Cocos)*.

Rareori fructele cărnoase sînt dehiscente, cum este cazul la *Impatiens noli tangere, Ecballium elaterium, Aesculus hippocastanum*.

B. *Fructe uscate*. Au pericarpul în întregime dur sau cornos și se împart în două categorii.

1. Indehiscente (fig. 292). Conțin o singură sămînță : a — *nuca* are perete dur și sămînță nelipită de pericarp (ex. aluna, ghinda, jirul) ; b — *nucula* (ex. *Tiliaceae, Boraginaceae, Labiatae*) ; c — *achena* are perete cornos și sămînța nelipită de pericarp *(Cannabis, Compositae, Cyperaceae)* ; d — *samara* are pericarp prevăzut cu o aripă *(Ulmus, Fraxinus, Carpinus, Betula)* sau două *(Acer)* ; e — *cariopsa* are sămînța strîns lipită de pericarp *(Gramineae, Polygonaceae)* ; f — *păstaia indehiscentă (Ceratonia, Arachis)*; g — *lomenta* are aspect moniliform și se rupe în segmente monoseminale *(carpidii)* la maturitate *(Raphanus raphanistrum, Ornithopus sativus)*.

2. Dehiscente (fig. 293). Conțin de regulă numeroase semințe : a — *folicula* provine dintr-o carpelă și se deschide după linia de sudură a acesteia *(Helleborus, Aconitum, Magnolia)* ; b — *păstaia* provine din gineceu monocarpelar și se deschide de la vîrf spre bază, în două valve, pe linia de sudură a carpelei (unde se prind și semințele) și pe linia nervurii mediane *(Leguminosae)* ; c — *silicva* provine din gineceu bicarpelar, carpelele fiind separate de un perete fals (de care se prind semințele) și se deschide de la bază spre vîrf prin patru linii, cîte două de fiecare parte a locului de sudură a celor două carpele *(Cruciferae)* ; cînd silicva este scurtă și lată se numește siliculă (*Lunaria rediviva* — lopățea, *Capsela bursa pastoris)* ; d — *capsula* este cel mai răspîndit tip de fruct uscat dehiscent și provine din gineceu pluricarpelar ; ea se poate deschide (fig. 294) prin *linii longitudinale* (capsulă valvicidă : *Gossypium, Colchicum*, deschiderea numindu-se septicidă ; *Lilium, Iris, Digitalis* (degețel), deschiderea numindu-se loculicidă ; *Datura, Euphorbiaceae, Orchidaceae*, deschiderea numindu-se septifragă), prin mai multe *orificii* (capsula poricidă : *Papaver)* sau printr-un *căpăcel* (capsulă pixidă : *Hyoscyamus, Anagalis* (scînteuță).

În concluzie, subliniem că în cadrul tipurilor de fructe analizate procesul morfogenetic s-a desfășurat pe linia următoarelor transformări : reducerea numărului de carpele pînă la una (ex. fructe apocarpe) ; reducerea numărului de semințe pînă la una ; evoluția fructelor de la dehiscente la indehiscente, dezvoltarea ovarului inferior pe seama celui superior, transformarea fructelor uscate în fructe cărnoase sau, mult mai rar, invers.

Răspîndirea fructelor și semințelor. Cînd ajung la maturitate fructele și semințele (sau numai acestea din urmă) se răspîndesc sau sînt răs-

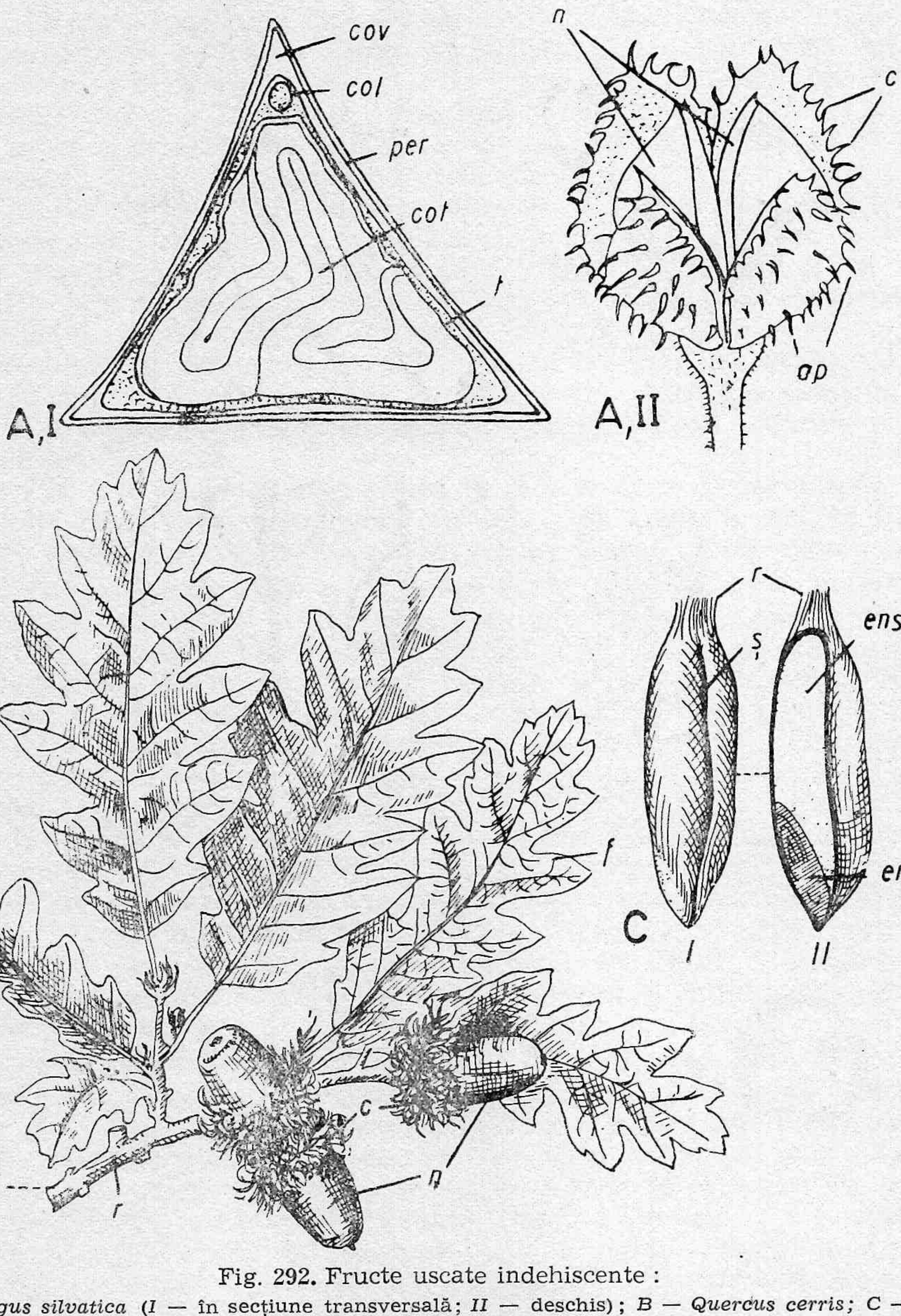


Fig. 292. Fructe uscate indehiscente :

A* — *Fagus silvatica (*I* — în secțiune transversală; *II* — deschis); *B* — *Quercus cerris*; *C* — ***Triticum*** sp. (*I* — fructul întreg; *II* — fructul secționat longitudinal); *ap* — apendiculi; *c* — cupulă; *col* — columelă; *cot* — cotiledon; *cov* — cavitate ovariană; *emb* — embrion; *ens* — endosperm secundar; *f* — frunză; *n* — nucă; *per* — pericarp; *r* — ramură; *ş* — șanț; *t* — testa seminței (*A* : după T r o l l; *B* : după Flora R.P.R.; *C* : după K e r n e r).

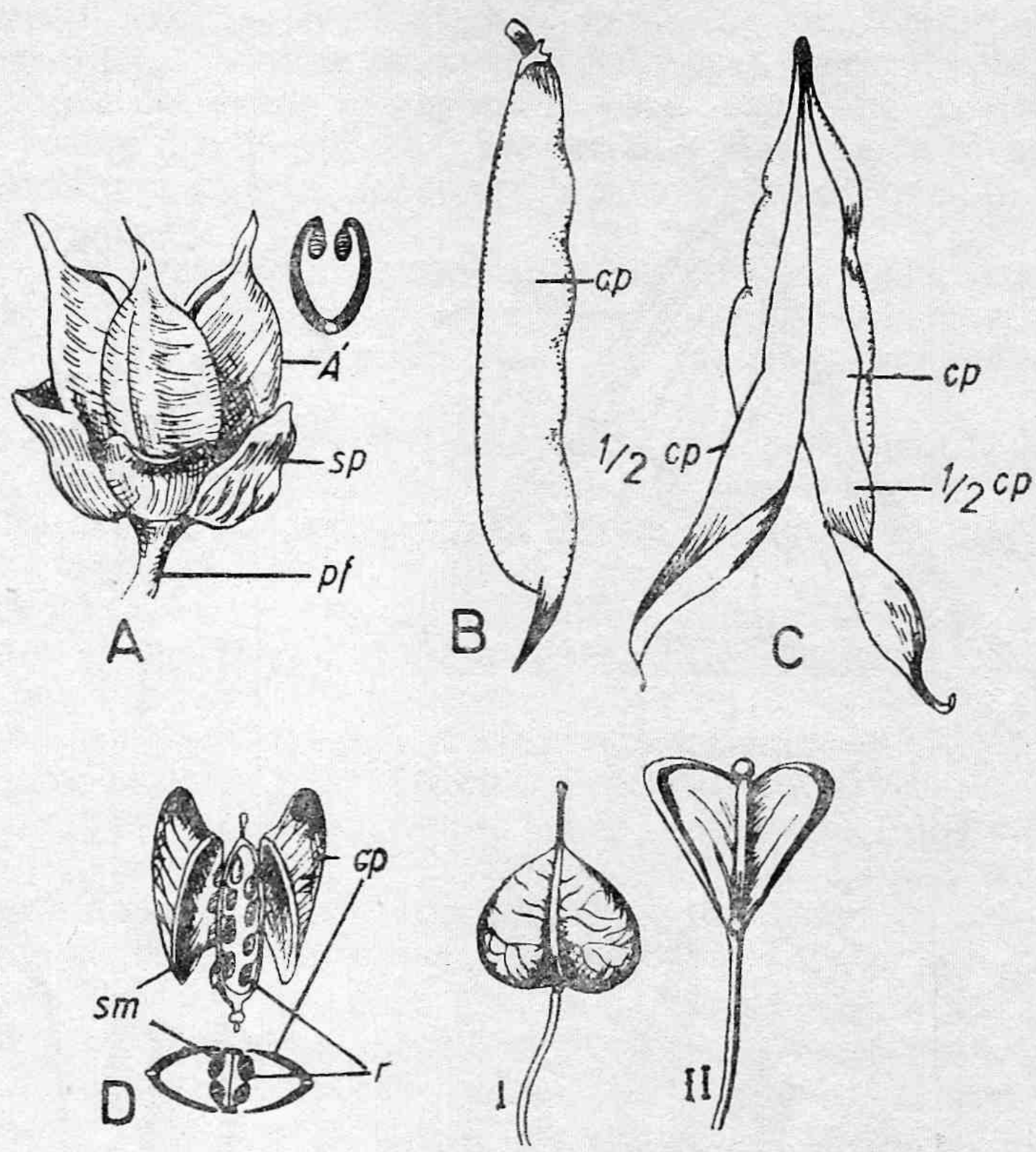


Fig. **293.** Fructe uscate dehiscente :

A A' — fruct apocarp policarp-capsulă (*Helleborus* sp.); *B, C* — fruct apocarp monocarp-păstaie-capsulă (*Phaseolus* sp.); *D* — siliculă-capsulă (*I — Lepidium draba; II — Capsella bursa pastoris*); *cp* — carpelă; *pf* — peduncul floral; *r* — replum; *sm* — sămînță; *sp* — sepale (*A :* după I. Grințescu; *B, C :* după I. T. Tarnavschi și colab.; *D :* după I. Morlova).

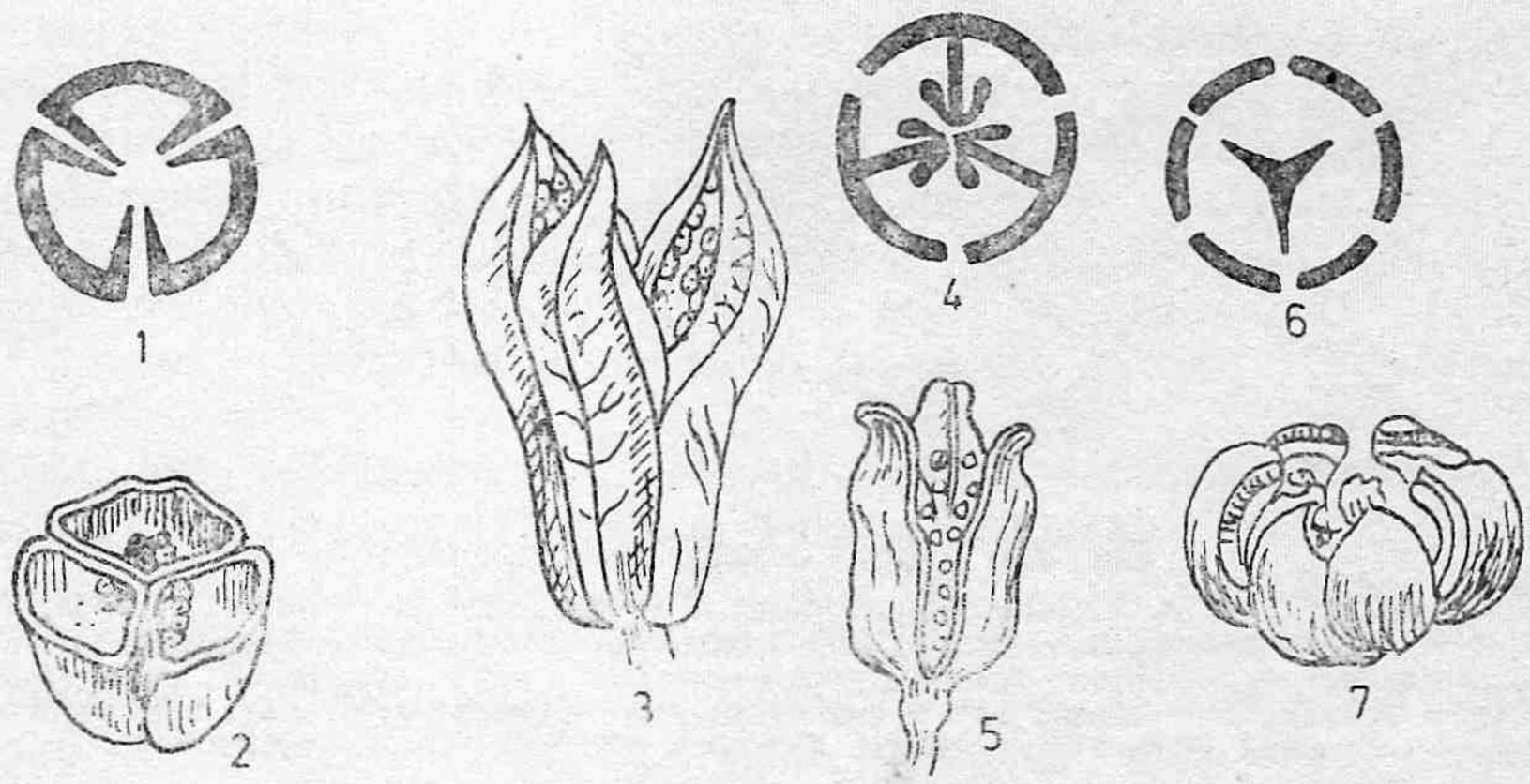


Fig. **294.** Tipuri de capsule :

1 — capsulă septicidă (schema modului de deschidere); *2* — capsulă septicidă secționată transversal (*Colchicum autumnale*); *3* — vedere de ansamblu a capsulei septicide (*Gentiana* sp.); *4* — capsulă loculicidă — schema secțiunii transversale (*Tulipa* sp.); *5* — capsulă deschisă (*Viola* sp.); *6* — schema capsulei cu deschidere loculicidă, septicidă și septifragă (*Euphorbia* sp.); *7* — capsulă deschisă (după Deysson).

pîndite la distanţe cît mai mari faţă de planta mamă pe care s-au format. După modul cum își răspîndesc fructele și seminţele, plantele sînt de două mari categorii : autochore și allochore.

1. *Plantele autochore* sînt acelea care își răspîndesc seminţele prin mijloace proprii. La multe specii, în structura fructului intră ţesuturi mecanice care favorizează, mai ales pe vreme de uscăciune, deschiderea : în pereţii fructului se creează o tensiune datorită căreia fructul se deschide brusc și prin aceasta seminţele sînt aruncate la o oarecare distanţă. Ca exemple citǎm : *Impatiens noli tangere,* la care capsula suculentă se desface brusc în cinci valve, care se răsucesc în spirală și datorită acestui fapt seminţele sînt aruncate la 1—2 m ; leguminoasele, la care pe vreme uscată păstăile se deschid brusc în două valve care se răsucesc și astfel seminţele sînt aruncate la o oarecare distanţă, *Ecballium elaterium,* la care fructul cărnos matur se detașează (datorită lichidului intern aflat sub presiune) de peduncul, iar prin orificiul rezultat ţîșneşte lichidul cu seminţe, care sînt astfel aruncate la cîţiva metri ; *Hura crepitans,* la care capsula se deschide brusc și cu zgomot, seminţele fiind aruncate pînă la 25 m de planta-mamă.

2. *Plantele allochore* sînt acelea la care fructele și seminţele sînt răspîndite cu ajutorul unor agenţi străini : vînt, animale, apă, în funcţie de care plantele se numesc anemochore, zoochore și hidrochore.

a) Anemochorele au o serie de adaptări speciale, care favorizează răspîndirea fructelor și seminţelor cu ajutorul vîntului : produc seminţe numeroase, ușoare și foarte mici, care pot pluti în aer (ex. *Orchidaceae, Orobanchaceae, Ericaceae);* produc seminţe aripate (ex. *Catalpa, Bignonia*), cu o coroană de peri la un capăt (ex. *Epilobium* — pufuliţă, *Salix, Populus),* sau cu peri pe toată suprafaţa tegumentului (ex. *Gossypium);* produc fructe și seminţe sferice, ușor rostogolite de vînt pe solul neted al stepelor (ex. *Leguminosae, Cruciferae, Caryophyllaceae* și diferiţi arbuști de stepă) ; produc fructe aripate (ex. *Acer, Ulmus, Fraxinus, Betula),* cu o umbrelă de peri, numită papus (ex. *Taraxacum, Cirsium* — pălămidă), *Eriophorum* — bumbăcariţă) sau cu o aristă penată penată (ex. *Stipa* — colilie) ; întreaga inflorescenţă, cu fructele respective, este transportată de vînt datorită prezenţei unei bractei însoţitoare (ex. *Tilia*) ; întreaga plantă, cu tot cu fructe, este ruptă și rostogolită de vînt și astfel sînt răspîndite fructele (ex. *Eryngium campestre, Salsola ruthenica* ș.a.).

b) Zoochorele sînt plante la care fructele sînt răspîndite de animale, în mod activ sau pasiv. În mod *activ* : animalele mănîncă fructele cărnoase fără a le distruge seminţele (care trec nevătămate prin tubul digestiv, mai ales al păsărilor) și astfel acestea sînt răspîndite la distanţe mari (plantele se numec endozoochore) ; furnicile mănîncă anexele cărnoase ale seminţelor (ex. *Scilla, Corydalis, Chelidonium*), acestea din urmă fiind astfel răspîndite ; veverița răspîndește alunele, jirul, ghinda etc. ; unele păsări mănîncă fructele de *Viscum album,* iar seminţele lipicioase rămîn pe ciocul lor (ajungînd pe ramurile altor arbori păsările vor scutura seminţele). În mod *pasiv :* animalele transportă pe lîna, părul, penele sau picioarele lor diferitele fructe și seminţe și plantele se numesc epizoochore ; în acest caz fructele sînt prevăzute cu cîrlige sau ţepi încovoiaţi, agăţîndu-se de blana animalelor și chiar de îmbrăcămintea omului și astfel sînt răspîndite la distanţe uneori foarte mari (ex. *Daucus, Galium* — turiţă, *Lappula*-— li-

pici, *Xanthium*, *Arctium* — brusture) ; unele plante de apă (Ex. *Lemna)* sau seminţele unor plante de locuri mlăştinoase se prind împreună cu noroiul de picioarele animalelor şi astfel sînt răspîndite la mari distanţe.

Omul a transportat în mod voluntar şi conştient, de pe un continent pe altul, numeroase plante de cultură (ex. porumbul, cartoful, tomatele, tutunul, salcîmul etc.) ; odată cu acestea el a transportat în mod involuntar şi seminţele unor buruieni *(Cuscuta campestris, Amaranthus retroflexus, Erigeron canadensis* — bătrîniş, *Elodea canadensis).*

c) Hidrochorele au fructe şi seminţe cu adaptări structurale speciale : aerenchim bine dezvoltat (care le fac uşoare şi deci pot pluti la suprafaţa apei) ; pericarp şi tegument impermeabil pentru apă, cel puţin pentru o anumită perioadă de timp (ex. *Cucuta virosa* — cucută de apă, *Trapa natans*, specii de *Carex, Phragmites, Typha, Populus, Salix, Cocos nucifera, Pandanus* ş.a.).

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

1. Abbayes, H., Chadefaud, M., Feldmann, J., Ferre, Y., Gaussen, H., Grassé, P. P., Leredde, M. C., Ozenda, P., Prevot, A. R. *Botanique. Anatomie, Cycles evolutifs, Systématique.* Paris, Masson et C^ie^ Ed., 1963
2. Acatrinei, Gh. *Biologia celulei vegetale.* București, Ed. șt. și enciclopedică, 1975.
3. Aleksandrov, V. G. *Anatomia rastenii.* 4 izd. Moskva, Izdat. Vîsșaia șkola, 1966.
4. Altmann, W. H. S. A. *Grundlggen der Cytologie.* Jena, Veb. G. Fischer-Verlag, 1973.
5. Andrei, M. *Anatomia plantelor.* București, Ed. didactică și pedagogică, 1978.
6. Anghel, Gh., Nyárády, A. Păun, M., Grigore, Șt. *Botanica.* București, Ed. didactică și pedagogică, 1975.
7. Anghel, I. *Citologie vègetală.* București, Ed. didactică și pedagogică, 1979.
8. Atabekova, A. I., Ustinova, E. I. *Țitologhia rastenii.* Moskva, Izdat. Kolos, 1967.
9. Bach, D., Mascré, M., Deysson, G. *Cours de botanique générale* (t. II/1, III/2). Paris, Ed. Sédes, 1967.
10. Barîkina, R. P., Kostrikova, A. N., Kocemarova, I. P., Lotova, L. I., Trankovskii, D. A., Cistiakova, O. N. *Praktikum poanatomii rastenii.* Moskva, Rosvuzizdat, 1963, Moskva, Izdat. Univ., 1971.
11. Biebl, R., Germ, H. *Praktikum der Pflanzenanatomie.* Wien, Springer-Verlag, 1950.
12. Boureau, Ed. *Anatomie végétale* (t. I, 1954 ; t. II, 1956 ; t. III, 1957). Paris, Ed. Presses universitaires.
13. Braune, W., Leman, A., Taubert, H. *Pflanzenanatomisches Praktikum (Zur Einführung in die Anatomie der Vegetationsorgane der höheren Pflanzen).* Jena, Veb. G. Fischer, 1967.
14. Braune, W., Leman, A., Taubert, H. *Praktikum zur Morphologie und Entwicklungsgeschichte der Pflanzen.* Jena, Veb. G. Fischer-Verlag, 1976.
15. Camefort, H. *Morfologie des végétaux vasculaires.* Paris, Ed. Doin, 1972.
16. Carlquist, S. *Comparative plant anatomy.* New York, Ed. Holt Rinehart and Winston, 1961.
17. Champagnat, R., Ozenda, P., Baillaud, L. *Précis de biologie végétale. Croissance, morphogenèse, reproduction.* T. III, Paris, Ed. Masson et C^ie^, 1969.
18. Ciobanu, I. *Morfologia plantelor.* București, Ed. didactică și pedagogică 1971.
19. Deysson, G. *Eléments d'anatomie des plantes vasculaires.* Paris, Ed. Sédes, 1965.
20. Eames, A. I., Mac Daniels. *An introduction to plant anatomy.* New York, McGraw-Hill Book Co, 1947.
21. Essau, K. *Plant anatomy.* Ed. a 2-a. New York, John Wiley and Sons 1960.
22. Fahn, A. *Plant anatomy.* Oxford, Pergamon Press, 1967.
23. Grinţescu, I. *Curs de botanică generală.* Cluj, Tipogr. naț. 1928—1934.
24. Guttenberg, H. *Pflanzenanatomie.* Berlin, Akademie-Verlag 1966.
25. Hodișan, I., Pop, I. *Botanică sistematică.* București, Ed. didactică și pedagogică, 1976.
26. Ims, A. *Morfologhia țvetkovîh rastenii.* Moskva, Izdat. Mir, 1964.
27. Kaussmann, B. *Pflanzenanatomie.* Jena, Veb. G. Fischer-Verlag, 1963.
28. Kiseleva, N. S. *Anatomia i morfologhia rastenii,* 2 izd., Minsk, Izdat. Vîsșaia șkola, 1976.
29. Maheshwari, P. *An introduction to the embryology of Angiosperms.* New York, McGraw-Hill, 1950.
30. Metcalfe, C. R., Chalk, L. *Anatomy of the Dicotyledons.* T. I— II. Oxford, Clarendon Press, 1950.

31. Metcalfe, C. R. *Comparative anatomy as a modern botanical discipline.* In Advances in botanical research, t. I, 1963.
32. Moens, P. *Morphologie végétale* (curs litografiat). Univ. de Louvain-La-Neuve, 1968.
33. Molisch, H., Hofler, K. *Anatomie der Pflanzen.* Ed. a 7-a. Jena, Veb. G. Fischer-Verlag, 1964.
34. Morariu, I. *Botanică generală și sistematică.* București, Ed. Ceres, 1971.
35. Morlova, I. *Curs de Botanică. I. Morfologia* (litografiat). București, Inst. agron., 1972.
36. O'brien, P. T., McCully, E. M. *Plant structure and development.* London, McMillan Co, 1969.
37. Pop, E., Sălăgeanu, N., Pétérfi, Șt., Chirilei H. *Manual de fiziologia plantelor* T. I—II. București, Ed. didactică și pedagogică, 1960.
38. Raclaru, P. *Morfologia plantelor. I. Citologia și histologia* (curs litografiat). Univ. București, 1972.
39. Rădulescu-Mitroiu, N. *Embriologie vegetală.* București, Ed. Univ., 1976.
40. Raicu, P., Ionescu-Varo, M., Gancevici, C., Moisescu, G. *Celula.* București, Ed. Acad. R.S.R., 1967.
41. Răvăruț, M., Anghel, Gh., Buia, Al., Nyárády, A., Morlova, I. *Botanica.* București, Ed. didactică și pedagogică, 1967.
42. Răvăruț, M., Turenschi, E. *Botanica.* București, Ed. didactică și pedagogică, 1973.
43. Sárkány, S., Szálay, I. *Növényszervezettani gyakorkatok (Növénytany praktikum.* I). Budapest, Tankönyvkiado, 1964.
44. Savcenko, M. I. *Morfologhia semiapociki pokrîtosemennîh rastenii.* Leningrad, Izdat. Nauka, 1973.
45. Serebriakov, I. G. *Morfologhia veghetativnîh organov.* Moskva, Izdat. Nauka, 1952.
46. Sinnot. W. E. *Plant morphogenesis.* New York — Toronto — London, McGraw-Hill Book Co, 1960.
47. Strasburger, E. *Lehrbuch der Botanik.* Ed. a 31-a. Jena, G. Fischer-Verlag, 1978.
48. Șerbănescu-Jitariu, G. *Morfologia și anatomia plantelor.* București, Ed. Univ. 1975.
49. Șerbănescu-Jitariu, G. *Sistemul de clasificare naturală a fructelor.* În Probleme metodico-științifice ale predării biologiei. București, 1978.
50. Ștefureac, Tr. *Evoluția plantelor oglindită în opere recente de botanică filogenetică* București, Ed. didactică și pedagogică 1973.
51. Tahtadjian, A. L. *Osnovî evoliuționnoi morfologhii pokrîtosemennîh.* Moskva-Leningrad, Izdat. Nauka, 1964.
52. Tarnavschi, T. I., Șerbănescu-Jitariu, G., Mitroiu-Rădulescu, N., Rădulescu, D. *Practicum de morfologie și anatomie vegetală.* București, Ed. Univ., 1974.
53. Tarnavschi, I. T. *Noul sistem morfogenetic al fructelor la Angiospermae.* În Acta Bot. Horti., București, 1976.
54. Tăcină, Fl. *Dezvoltarea ontogenetică a glandelor nectarifere și structura lor electronomicroscopică la unele Angiospermae.* Teză de doctorat, București, 1976.
55. Toma, C. *Cercetări de morfologie și histoanatomie la unele Leguminoase (Onobrychis Adans., Coronilla L., Trifolium L.).* Teză de doctorat, București, 1969.
56. Toma, C. *Anatomia plantelor* (curs litografiat). I. *Histologia.* II. *Structura organelor vegetative și de reproducere.* Univ. Iași, 1977.
57. Troll, W. *Allgemeine Botanik.* Ed. a 4-a. Stuttgart, Ferdinand Enke-Verlag, 1973.
58. Weier, E. T., Stocking, R. C., Barbour, M. G., *Botany.* New York — London — Sidney — Toronto, Konk Wiley and Sons, 1974.
59. Weisz, B. P., Fuller, S. M. *The science of botany.* New York — San Francisco — Toronto — London, McGraw-Hill Book Co, 1962.

A

Acariote (plante) 19
Achenă 422
Acizi 16
  aminici 13
  dezoxiribonucleic 16
  nucleici 16
  organici 16
  ribonucleic 16
Acropetalie 156
Acrotonie 156, 206
Actinomorf 153
Actinostel 229
Acvifer 58
Adventiv 178
Aerenchim 60
Aerifer 60
Afotometric 276
Albastru de resorcină 107
Albumen 418
Albumine 15
Alburn 239
Alcaloizi 16
Aleuronă 23
Allochore 433
Altoi 348
Altoire 348
Ament 377
Amfimixie 412
Amfistomatice 73
Amidon 17, 23
Amiloplaste 17
Amplexicaul 266
Anafază 28, 30
Anatrop 404
Androceu 390
  diadelf 393
  dialistemon 392
  didinam 390
  gamostemon 392
  monadelf 392
  poliadelf 393
  sinanter 393
  tetradinam 392
Anaschizocarp 426
Anemochore 433
Angiosperme 374
Anizofilie 274
Anizogamie 354
Antere 393
  extrorse 393
  introrse 393
  oscilante 393
Anteridie 360
Anterozoid 360
Antibiotice 16
Antipode 404
Antociani 65
Anucleate 19
Aparat 16, 95, 114, 140
  conducător 95, 227
  Golgi 16
  secretor 114
  statolitic 140
  stomatic 68
  actinocitic 72

anizocitic 72, 73
anomocitic 72
ciclocitic 72
diacitic 72, 73
haplocheil 75
paracitic 72, 73
sindetocheil 75
tetracitic 72
Apetale (flori) 388
Apex 210
filicin 210
tranzitoriu 210
Apical 167
Aplanospori 351
Apocarp 422
Apocarpoid 422
Apogamie 412
Apomixie 412
Aposporie 412
Apoziție (mod de creștere) 25
Arcuri 231
interfasciculare 231
intrafasciculare 231
Areolate (punctuații) 98
Arhegon 364
Aril 417
Ariloid 417
Ascospori 350
Asimetrie 155
Asimilație clorofiliană 48
Astrosclereide 93
Atactostel 219
Atriu 68
Atropina 16
Autochore 433
Autogamie 408
Autotrofe (plante) 301
Auxine 16
Axă 377
acrotonă 377
bazitonă 377
Axilar 201

B

Bacă 422, 426
Bacterii 33, 342
Bazidiospori 350
Bazipetalie 156
Bazitonie 156, 206
Bifacial 284
Bipartiție 342
Bivalent 31
Bostrix 381
Botanică (știință) 9
Bractee 123, 325
Bracteolă
Brahiblaste 205
Brahisclereide 91
Bulbi 321, 347
Bulbile 323, 347
Bulbo-tuberculi 347
Buliforme (celule) 293
Butași 347
Butășire 178, 347
Buzunare 40, 134
glandulare 40, 134
lisigene 40, 134
schizogene 40, 134
schizo-lisigene 40, 134

C

Calatidiu 377
Caliciu 386
acrescent 387
campanulat 387
dialisepal 386
gamosepal 386
globulos 387
infundibuliform 386
patent 387
persistent 387
răsfrînt 387
tubulos 386
urceolat 387
Caliptră 43, 165, 167
Caliptrogen 39, 43
Caloză 107
Cambiu 39, 45, 191
interfascicular 230
intrafascicular 39, 40, 230
subero-felodermic 46
Cameră polenică 369, 372
Campilotrop 404
Canale 36
aerifere 36
glandulare 40, 134, 136
protogene 137
Capișon 208

Capitul 377
Capsatină 16
Capsula 425, 427, 430
  articulată 426
  loculicidă 430
  pixidă 427, 430
  poricidă 425, 430
  septicidă 430
  septifragă 430
  silicvoidă 425, 427
  valvicidă 430
Carenă (umbo) 370
Cariocineză 28
Cariogamie 355
Cariopsă 430
Caroten 16
Carotinoidoplaste 17, 19, 426
  cristaline 19
  globulare 19
  tubulare 19
Carpele 376
Caruncul 417
Catafile 254
Cauciuc 120
Cauliflorie 205
Cauloid 158
Cavitate respiratorie 68
Celoblast 152
Celule 12
  albuminifere 108
  anexe 40, 107, 184, 187
  apicale 414
  asimilatoare 53
  buliforme 58, 293
  cu brațe (septumuri) 53
  de comunicație 64
  de pasaj 182
  embrionare 32
  epidermice 53
  generative 395
  idioblaste 115
  inițiale 41, 163, 164
  meristematice 32
  mucilagigene 40, 108, 117
  oleifere 40, 116
  oxalifere 40, 117
  palisadice 50, 53
  parenchimatice 12
  pietroase 91
  procambiale 46
  protaliene 371
  prozenchimatice 13
  rezinifere 40
  secretoare 115
  stomatice 68
  taninifere 40, 117
Cenobii 33
Centripet (mod de creștere) 184
Centromer 28
Centrozom 17
Centru (celular) 18
Cerificare 27
Chalază 402
Chalazogamie 411
Chimiotropism 411
Chlamidospori 343
Ciatiu 383
Cicloză 13, 139
  de circulație 13
  de rotație 13
Ciclu 355
  diplofazic 355
  haplo-diplofazic 355
  haplofazic 355
  vital 355
Cili 17, 157
Cilindru central 184, 186
Cimă 381
  bipară 381
  helicoidă 381
  în evantai 381
  scorpioidă 381
  unipară 381
Cincin 381
Cistolite 25
Citocineză 28
Citogamie 355
Citologie (știință) 12
Citoplasma 13
Citozina 16
Cîmp ciuruit 104
Cîrcei 325
  caulinari 318
  foliari 325
  stipelari 325
Clorocite 279
Cloroplaste 17, 18
Coenobiu 33

Colenchim 87
angular 87
lacunar 88
tabular 87
Coleoptil 419
Coleorhiză 419
Colet 165
Colocite 87
Columelă 352
Con (inflorescență) 369, 373
Conate 269
Conceptacule 360, 361
Condriom 16
Condriozomi 16
Conectiv 390
Conidii 351
Conidiofor 351
Constricție 28
primară 28
secundară 28
Convergență 297
Copulație 359
Cordon 244
Corimb 377
Corm 297
Cormofite (plante) 301, 343
Corolă 388
actinomorfă 388
bilabiată 388
campanulată 388
dialipetală 388
gamopetală 388
hipocrateriformă 388
infundibuliformă 388
ligulată 388
papilionată 388
personată 388
rotată 388
tubuloasă 388
urceolată 388
zigomorfă 388
Corpi 19
cromidiali 19
nucleari 19
Corpus 208, 209
Cotiledon 252
Creste mitocondriale 17
Creștere 24
în grosime 24, 250
în suprafață 24
intercalară 199
prin apoziție 25
prin intussuscepțiune 24
Criptă 73
Cristaloid 15
Cromatide 28
Cromatină 19, 22, 28
Cromatofor 19
Cromocentre 22, 28
Cromomere 22, 28
Cromoplaste 19
Cromozom 22, 30
Crossingower (fenomen) 30
Cuiescent 170
Cuticulă 26
Cutină 26
Cutinizare 26
Cutis 80, 173, 181

D

Dermatogen 39, 43, 167, 208
Dermatoplaste 12
Deschidere 68
izodială 68
opistială 68
Desmogen 39, 44
Diachenă 423
Diacineză (stadiu) 30
Diagramă (floral) 385
Diarhă 184
Dicariopsă 423
Dicasiu 381
Dichotomic 157
Dicotiledonate (plante) 414
Dictiostel 230
Dictiozomi 16
Diferențiere celulară 32
acropetală 250
filogenetică 36
histogenetică 32
nodifugă 283
ontogenetică 32, 36
organică 32
Diplocaul 205
Diplofază 30
Diploten (stadiu) 30

Dispoziție 176, 269
alternă 227, 269
diplostihă 176
intermediară 227
izostihă 176
opusă 269
periferică 227
suprapusă 227
verticilată 269
Diviziune 28, 30
celulară 28
de maturație 30
ecvațională 28, 30
heterotipică 30
homeotipică 30
indirectă 28
reducțională 30
somatică 28
tipică 28
Dolichoblaste 205
Dorsoventral 154, 284
Drajonare 179
Drajoni 179
Drepaniu 381
Drupă 425
Duramen 239

E

Ectexina 395
Ecvifacial 276,
Embrion 414, 420
arcuat 420
curbat 420
drept 420
Emergențe 80, 165, 258
Enantiomorf 153
Enațiune 258
Endexina 395
Endocarp 421, 430
Endoderma 80, 81, 181, 182
primară 183
secundară 183
terțiară 183
Endodermoid 141, 215
Endogen 177
Endogonidii 342
Endosperm 56, 415
aleuronic 421
amilaceu 421
celular 416
cornos 421
helobial 416
hemicelulozic 421
nuclear 415
oleaginos 421
primar 373
secundar 56, 415, 420
Endospori 350
Endoteciu 393
Epiblast 419
Epiblema 62, 171, 181
Epicarp 421
Epicotil 415
Epidermă 65
Epifiza 415
Epigee 252
Epistomatice (frunze) 73
Epitem 126
Epitonie 156
Eucariote (plante) 21
Eufotometric 276
Eustel 219, 229
Exalbuminat 421
Exină 394
Exocarp 421
Exoderma 80, 173, 181
Exogen 177
Exospori 350
Exoteciu 393

F

Fascicule conducătoare 184
amficribrale 111
amfivasale 111
bicolaterale 111
caulinare 218
colaterale 111, 219
concentric-hadrocentrice 111
concentric-leptocentrice, 111, 219
floematice 108
foliare 218
lemnoase 103, 184
liberiene 108, 184
libero-lemnoase 111
xilematice 103
Fecundație (proces) 411
Feloderm 47, 83
Felogen 39, 46, 83, 196

Fibre 93
corticale 93
elementare 93
lemnoase 103
liberiene 104, 108, 236
libriforme 103
periciclice 93
sclerenchimatice 91
septate 103
textile 93
traheide 103
Fibrile 23
Ficoeritrină 15
Filocladii 298
Filogen 209
Filogenetic 36
Filoid 158
Filotaxie 269
Flageli 17, 157
Flavoproteine 15
Floem 104
Flori 375
achlamideice 388
aciclice 376
actinomorfe 376
ciclice 376
epigine 401
hemiciclice 376
hermafrodite 376
hipogine 400
monociclice 376
perigine 400
unisexuate 376
zigomorfe 376
Folicula 425
Formulă (floral) 383
Fosfoproteine 15
Fotonic (microscop) 17
Fragmentare 343
Fragmoplast 29
Fruct 421
apocarp 424
apocarpoid 422
cărnos 426
cenocarp 397
compus 422
dehiscent 423, 430
eusincarp 424
indehiscent 423, 430
monocarp 425
policarp 424
simplu 422
uscat 430
Fructuleț 422
Frunză 247, 259
Fucoxantină 15, 16
Funicul 402
Fus cromatic 28

G

Gamet 353
Gametangi 353
Gametangiogamie 355
Gametofit 30, 164, 355
Gel 14
Gelificare 27
Gemulă 165
Generație 355
Geotropism 165
Gibereline 16
Gimnoplaste 12
Gimnosperme 238, 373
Gineceu 397
apocarp 397
cenocarp 397
eusincarp 397
lisicarp 397
paracarp 397
sincarp 397
Ginobazic (stil) 401
Glande 40
digestive 40, 127
extraflorale 129, 131
florale 129, 131
nectarifere 129
nectarigene 40, 129
Gliceride 15
Glicogen 15
Globuline 15
Glomerul 422
Glucide 13
diglucide sau diholozide 15
monoglucide sau oze 15
poliglucide sau poliholozide 15
Glucoproteine 15
Glucoză 15
Glucozide 15
Gonospori 350

Granar (sacul) 19
Granule
Granum 19
Granule
  de aleuronă 22
  de amidon 22
  de polen 30, 394
Guanina 16
Gutapercă 120
Gutație 59

H

Hadrocentric 111
Hadrom 96
Halofite (plante)
Haplocaul 205
Haplocheil 75
Haplofază 30
Haploid 31
Haustori 162
Hemiceluloze 23
Hesperidă 430
Heterofaciale 284
Heterofilie 274
Heterogameți 354
Heterogamie 354
Heteroproteine 15
Heterospori 350
Heterotrofe (plante) 301
Heteroxile 239
Heterozide 15
Hialocite 62, 277
Hialodermă 62
Hialoplasmă 13, 139
Hibernacule 347
Hidatode 40, 59, 72, 126
Hidrochore 433
Hidrocite 277, 279
Hidroliză 16
Hidropote 62
Hife 161
Hil 402
Hipofiza 412
Hipogee 252
Hipostomatice (frunze) 73
Hipotonie 156
Hipsofile 255
Histoliza 148
Histologie (știință) 32
Histone 15
Holoproteine 15
Holozide 15
  poliholozide 15
  tetraholozide 15
  triholozide 15
Homoxile 239
Hormociste 342
Hormogonii 342
Hormoni 16

I

Idioblaste 13, 60, 115
Imbibiție 15
Incluziuni 23
  anorganice 23
  ergastice 23
  glucidice 23
  organice 23
  proteice 23
Induzie 352
Inel 244
  anual 236
  axial 244
Inflorescențe 377
  cimoase 377
  compuse 377, 381
  heterotactice 381
  homotactice 377, 381
  racemoase 377
  simple 377, 381
Inițiale 39, 45, 284
  fusiforme 45
  radiare 45
Integument 403
  extern 403
  intern 403
Intercelular 36, 37
Interfază 28
Internod 199
Intină 395
Înulină 15
Involucru 379
Ipoteza 375
  euantiei 375
  pseudantiei 375
Izofaciale 276
Izogameți 353

Izogamie 353
Izospori 350
Înmugurire 343
Înmulțire 341
  asexuată 342
  sexuată 353
  asexuată 340, 342

J

Jir 423

K

Kinetine 16

L

Lacune 36
  acvifere 37
  aerifere 36, 37
Lamelă 36
  mediană 36
  mijlocie 23
Latex 118
Laticifere 40, 118, 119, 122, 123
Lăstar 245
Lemn 96, 236
  alburn 239
  de primăvară 103, 237
  de toamnă 103
  de vară 237
  difuz-poros 237
  duramen 239
  inelo-poros 237
  omogen 237
  primar 191
  secundar 192, 195
  timpuriu 103
  tîrziu 103
Leptom 104, 108
Leptoten (stadiu) 30
Leucoplaste 17
Liber 104, 231
  intralemnos 195, 244
  perimedular 240
  secundar 195, 231, 240
Libriform 103
Lichefiere 28, 37
Licopină 16
Lignificare 27
Lignină 27
Lignosuberină, 186
Ligulă 62, 269
Limb 259
Lisigen 37
Lizozomi 17
Lomentă 430

M

Macroblaste 205
Macrogameți 354
Macrosclereide 92
Macrospor 30, 350
Maltoză 15
Marcotaj 178, 348
Marcote 348
Matrice 23
Matrix 28
Măduvă 184, 185, 187
Meaturi 36, 37
Meioză 31
Melonidă 423
Membrană 13
  dublă 18
  ectoplasmatică 13
  endoplasmatică 13
  nucleară 22
Meristel 230
Meristeme
  apicale 43, 209
  fundamentale 43
  intercalare 44
  laterale 44
  medulare, 209
  primare 43
  primordiale 41
  restante 39
  reziduale 39
  secundare 45
Meristemoide 47
Metafază 28, 30
Metafile 254
Metafloem 108, 190
Metamorfoze 297
Metaxilem 96, 103, 189, 190

Mezocarp 421
Mezofil 284, 286
Mezotonie 156
Micele 23
Miceliu 162
Micoriză 172, 307
  ecto-endotrofă 308
  ectotrofă 307
  endotrofă 307
  peritrofă 308
Microblaste 205
Microfibrile 23
Microgameți 354
Microspor 30, 350
Microsporogeneză 394
Microtubuli 17
Mineralizare 27
Mitocondrii 16
Mitoza 28
Monarhă 184
Monocaziu 381
Monocotiledonate (plante) 252
Morfologie (știință) 9, 11
Mozaic foliar 274
Muguri 199, 200, 201

N

Natante 328
Nectarifere 129
Nectarii 129, 131
Nervuri 279, 283
Nicotina 16
Nod 199
  de înfrățire 204
Nomofile 254
Nucă 422
Nucelă 372, 373, 402
Nucleol 22
Nucleolonemă 22
Nucleoplasmă 22
Nucleoproteine 22
Nucleotid 16
Nucleozide 16
Nucleu 19, 21, 22
  secundar 405
Nuculă 424

O

Oceli 147
Ochrea 269
Oleoplaste 17
Ontogenetic 36
Oogamie 354
Oogon 360
Oosferă 354
Organ 149
  analog 298
  omolog 298
  optic 146
  reproducător 149, 376
  rudimentar 300
  vegetativ 149
Organele sensoriale 141
Organite 16
Organografie 149
Ortotrop 155, 206
Osmofori 40, 129
Osteosclereide 92
Ostiolă 68
Ou 353
Ovar 397
  inferior 400
  semiinferior 400
  superior 400
Ovul 402
  anatrop 404
  campilotrop 404
  crassinucelat 404
  ortotrop 403
  tenuinucelat 404
Oxizomi 16
Oze 15
  bioze 15
  hexoze 15
  pentoze 15
  trioze 15

P

Pachiten (stadiu) 30
Palisadic 50
Panfotometric 276
Papile 75
  epidermice 59, 75
  glandulare 40, 126
  tactile 144

Paraplectenchim
(pseudoparenchim) 162
Parazite (plante) 337
Parenchim 48
absorbant 48, 60
acvifer 57
aerifer 60
asimilator 48
conducător 236
cortical 56, 181, 182, 186
de depozitare 48, 55
de dilatare 236
de transfuzie 281
fundamental 56
lacunos 286
lemnos 40, 56, 101, 184
lemnos-difuz 237
lemnos-terminal 237
lemnos-vasicentric 237
liberian 40, 56, 108, 184
medular 56
orizontal 103, 196
palisadic 286
vertical 101, 195
Partenogeneză 412
diploidă 412
haploidă 412
Pedicel 123
Peduncul 75, 123
Peponidă 426
Perete 23
anticlin 42
celular 23
celulozic 23
celulozopectic 23
dorsal 68
extern 68
intern 68
lateral 65
periclin 42
primar 23
secundar 23
terțiar 23
ventral 68
Perfoliat 269
Peri 75
absorbanți 165, 171
arcuați 77
camplecși 40
glandulari 40, 77, 123
interni 77
masivi 40
morți 77
neramificați 77
pluricelulari 75, 77
protectori 75
radiculari 62, 165, 171, 181
ramificați 75
senzitivi 77
simpli 40, 77
solzoși 77
tactili 146
tectori 75, 80
unicelulari 75, 77
urticanți 125
vii 77
Periant 376, 385
petaloid 386
sepaloid 386
Periblem 39, 43, 167, 208
Pericambiu 445
Pericarp 421
cărnos 421
cornos 430
pergamentos 421
uscat 421
Periciclu 184, 187
Periderm 47, 196
Perigon 386
Perisperm 416, 421
Petale 376, 388
Pețiol 266
Picior 75
Pigmenți 16
Piliferă 171
Piloriza 165, 167
Pirenoizi 18
Pixidă 427
ciuruită 104, 107
ecuatorială
Placentă 397
Placentație 397
axilară 397
central bazală 399
central marginală 399
centrunghiulară 398
parietal marginală 399
Plagiotrop 155, 206
Planospori 350

Plante
acvatice 65
amfibii 328
anemofile 408
anuale 246
autotrofe 301
bienale 246
carnivore 329
dioice 376
diplocaule 205
endozoochore 433
entomofile 409
epizoochore 433
heterotrofe 301, 337
hidrofile 328, 409
higrofite 328
ierboase 245
insectivore 329
lemnoase 245
monocaule 205
monoice 376
natante 328
ornitochore
ortotrope 206
parazite 337
perene 246
plagiotrope 206
poligame 376
repente 206
saprofite 340
submerse 328
suculente 245
trioice 376
tropofite 328
vasculare 96
vivace 246
zoofile 409
xerofite 328
Plasmalemă 13, 139
Plasmodesme 13, 25
Plasmodiu 156
Plasmogamie 355
Plastide 17
Plastidom 17
Plastochron 250
Plectenchim 35, 162
Plectostel 228
Pleiocaziu 381
Plerom 39, 43, 167, 208
Plumulă 165
Pneumatofori 314
Poamă 430
Pol 149
apical 149
bazal 149
de regresiune 216
Polaritate 149
Polenină 394
Polenizare 408
artificială 410
directă 408
încrucișată 408
Poliachenă 422
Poliarhă 184
Polidrupă 422
Poliembrionie 412
Polifoliculă 422
Polinie 394
Porogamie 411
Portaltoi 348
Prefloraţie (foliaţie) 273
contortă 273
imbricată 273
liberă (apertă) 273
semiechitantă 274
valvată 273
Prefoliaţie 272
Primexina 395
Primordiu 248
Procambiu 39, 44, 171
Procariote 19
Proembrion 414
Profază 28
Prolamine 15
Promeristem 41
Propagule 343
Protal 365
Proteine 15
fibrilare 15
globulare 15
Proteinoplaste 17
Protide 15
Protocariote 19
Protocorm 162
Protoderm 39, 43, 170
Protofile 254
Protofite (plante) 33
Protofloem 108
Protonemă 162

Protoplasmă 12
Protostel 227
Protoxilem 96, 103
Prozenchimatic 13
Pseudoachenă 423
Pseuodobacă 423
Pseudocapsulă 423
Pseudocariopsă 423
Pseudodrupă 423
Pseudofibre 103
Pseudoparenchim 35, 162
Punctuații 25
areolate 25
semiareolate 25
simple 25
tactile 142

R

Racem 377
Rachis 265
Radicele 174, 175
Radiculă 165
Rafide 117
Ramificație 202
anisotoma 202
dichotomică 157, 174, 202
laterală 157, 174, 202
monopodială 204
pseudodichotomică 204
racemoasă 157
simpodială 202, 204
Ramuri de rod 205
Rafă 417
Raze medulare 184, 185. 187, 195, 215
Rădăcini 165
absorbante 179
acvatice 177
adventive 177, 178
aeriene 177, 311
asimilatoare 313
conducătoare 179
contractile 305
cu micorize 307
fasciculate 177, 178, 179
fibroase 177, 178, 179
fixatoare 309
haustorii 314
picioroange 312
pivotante 177
proptitoare 308
rămuroase 177
respiratoare 314
subterane 177
tuberizate 302
Rășini 136
Receptacul 376, 385
Regenerare 155
Regiune aspră 166
netedă 166
piliferă 166
Repent 206
Reproducere 341
Reticul endoplasmatic 16
Rezinifer 136
Rexigen 37
Rexoliză 148
Riboză 16
Ribozomi 16
Ripidiu 381
Ritidom 85, 196
Rizodermă 62, 67, 171, 181, 186
Rizogen 152
Rizoizi 61, 158
Rizomi 319
Rizomoizi 165
Rizomitră 168
Rizomorfe 343

S

Sac embrionar 30, 402, 403
polenic 393
Sacul
Saculi granali 19
Samară 430
Saprofite (plante) 340
Sămînța 416
Schizogen 37
schizo-lisigen 37
schizo-rexigen 37
Schizoliză 148
Sciziparitate 343
Sclereide 91
Sclerenchim 87, 91
fibros 91
primar 91
scleros 91
secundar 91
Scleroți 343

Scoarță 181, 186, 212
Scufie 165, 167
Scutelum 420
Seminal 417
Semiparazite (plante) 338
Semințe albuminate 420
exalbuminate 421
Sempervirescent 275
Sepale 376
Septum
Sesil 200
Sete tactile 146
Sevă brută 95
elaborată 95
Sferozomi 17
Siconă 422
Sifonoeustel 229
Sifonostel 229, 230
Siliculă 430
Silicvă 427, 430
Simbioză 307
Sindetocheil 75
Sinergide 404
Somatogamia 355
Spații aerifere 60
Spații intercelulare 36, 37
Spori 343, 350
Sporofit 30, 164, 355
Stamine 390
Statociste 140
Statolite 140
Stereide 87
Stereom 87
Stigmat 401
bifid 401
filiform 402
foliaceu 402
găunos 401
globoid 401
papilos 402
penat-papilos 402
stelat 402
trifid 402
Stigmă 33
Stil 401
Stoloni 323, 346
aerieni 323
subterani 323
Stomate 67
aerifere 67, 72
acvifere 72
Strofiolă 417
Stromă 18
Structură 22, 181, 184
areticulară 22
diarhă 184
filamentoasă 22
monarhă 184
poliarhă 184
primară 181, 186, 212
reticulată 22
secundară 181, 190
tetrarhă 184
triarhă 184
Suber 47, 83, 84, 196
de cicatrizare 296
primar
secundar 27
Suberificare 27
Suberină 27
Suberoid 189
Substanțe de încrustare 23
Suspensor 414

T

Tactil 141
Tal 156
Talofite (plante) 156
Tapet 394
Taxonomie (știință) 351
Teacă 269
amiliferă 215
conducătoare 108
parenchimatică
Tecoliză 148
Tegmen 417
Tegument seminal 417
Telofază 28, 30
Telom 165, 256
Tentacule glanduligere 144
Tepale 386
Teoria 198
caulomului 198
celulei apicale inițiale unice 206
cladodificațiunii 256
desmogenezei 225
enațiunii 258
filomului 198

histogenelor 206, 207, 249
inelului inițial 208, 249
pseudanției 375
racordului 223
rotației sau torsiunii 223
telomică 256
tunica-corpus 208, 249
Testă 417
Tetraspori 358
Tigelă 165
Tilacoide 19
Tile 101
Timina 16
Tonoplast 13, 139
Torus 99
Trahee 40, 97
cu punctuații simple 99
reticulate 99
Traheide 40, 97
cu punctuații areolate 98
inelate 97
juxtavasculare 239
rezervorii 99
scalariforme 98
spiralate 97
Trichoblaste 181
Trihomi (peri tectori) 75
Trihosclereide 93
Triplocaul 205
Tropofite (plante) 328
Tuberculi 323
caulinari 323
radiculari 323
Tuberizare 192
Tuberule 323
Tuburi 104
ciuruite 40, 104, 184
laticifere 118
polenice 371
Tulpini 197
acvatice 199
aeriene 315
agățătoare 319
ortotrope 206
plagiotrope 206
repente 206
spinoase 315
subterane 319
transformate în cîrcei 318
volubile 317
Tunica 208, 209
Țesuturi
absorbante 38, 39, 61, 62
acvifere 58
aerifere 38
apărătoare 39, 65
asimilatoare 38, 39, 50
conducătoare 38, 40, 95, 290
definitive 39, 48
de depozitare 38, 39
de transfuzie 38, 113
embrionare 39
excretoare 40, 114
formatoare 39
fundamentale 38, 48
glandulare 38, 40, 114, 123
mecanice 38, 39, 85
meristematice 38, 39, 41
origine 39
parenchimatice 38
primare 39
prozenchimatice 38
protectoare 38, 212
secretoare 38, 40, 114, 115
secundare 39, 83
sensitive 38, 40, 137
separație 40, 137, 147
speciale 137
sporogene
suberoase 39, 80, 186
transfuzie 40
trofice 38, 39, 48
Tîțînă 123
Turioni 347

U

Uleiuri 123
eterice 125
volatile 123
Umbelă 377
Unifacial (monofacial) 287
Unitate 36
anatomică 36
fiziologică 36
Uracil 16
Urme foliare 219, 221

V

Vacuole 22
Vagină 269
Valecule
Vase 97, 184, 187
Velamen radicum 62, 63, 64
Velum 63
Vernație 272
Vîrf vegetativ 167
Vitamină 16

X

Xantofilă 16
Xerofite (plante) 328
Xilem 96

Z

Zigomorf 154
Zigot accesoriu 411
Zigoten (stadiu) 30
Zoochore 433
Zoospori 350

A

Abies alba — brad 247, 281
— *balsamea* 374
Abutilon — pristolnic
Acacia 129, 266
— heterophylla 325
— *melanoxylon* 267, 325
longifolia 249
Acanthaceae 73
Acanthorrhiza 305
Acer — arțar 27, 101, 131, 223, 231, 376
— *campestre* var. *suberosa* — jugastrul, arțarul suberos 85
— *ibericum* 238
— *pseudoplatanus* — paltin 45, 50
Aceraceae 73
Aconitum — omag 129, 388
Acorus calamus — obligeana
Achillea — coada șoricelului 381
Adansonia digitata 247, 426
Aeonium 76
Aesculus hippocastanum — castanul porcesc 80, 123, 199
Agathis 237
Agave 57, 73, 325
— *americana* 246
Agropyron repens — pir 321, 347
Agrostemma githago — neghina 417
Agrostis — iarba cîmpului 293, 307
Ajuga reptans 347
Aizoon canariense 65
Alchemilla — crețișoară 72, 273, 412
— *pastoralis* 413
— *sericata* 413
Aldrovanda vesiculosa 141, 329, 332
Alisma plantago-aquatica — limbarița 50
Alitris 196
Alophia
Alhagi camelorum 180
Alliaria officinalis — usturoița 269
Allium 52, 288
— *cepa* — ceapa 52, 154
— *montanum* 288
— *odorum* 288, 413
— *porum* 249, 288
— *sativum* — usturoi 321
— *ursinum* 246
Allumicea juranicus 150
Alnus glutinosa — anin negru 114
Aloe 57, 67, 73, 190, 246
— *ferox* 249
— *picatilis* 250
— *succotrina* 287
— *verrucosa* 21
Alsophila 311
Alyssum 67
— *borzaeanum* — ciucușoară 287
Amaranthus — știr 420
Amarylidaceae 57
Amaryllis 70
Amentales 103, 294
Ampelopsis hederacea — vița de Canada 118
Amygdalus communis — migdal 27, 245, 250, 420
Anabaena 342
Anacardiaceae 136
Anagalis — scînteuță 430
Anchyropteris 229

Andropogon ischaemum — bărboasa 197
Anemone silvestris — oiță, floarea paștelui 72, 347
Anemonoideae 422
Angiospermae 27, 42, 255, 369
Angraecum subulatum 64
Annonaceae 416, 424
Antennaria alpina 4
— *dioica* — parpian 412
Anthoceros 162
Antirrhinum majus — gura leului 300, 388
Apetalae 416
Aphynothece caldariorum 342
Apium — țelina 88, 197
Apocynaceae 93, 230
Aquilegia — cădărușe 129
Arabis albida 249
Araceae 19, 63, 118, 129, 136, 255
Arachis hypogaea — alune de pămînt 56, 266, 408
Araliaceae 136
Arctium — brustur
Aristolochia 231
— *brasiliensis* 91
— *clematitis* — mărul lupului (curcubețică) 409
— *durior* 112, 232, 317
Aristolochiaceae 118
Armillaria mellea 343
Aroideae 140
Artemisia — pelin 245, 341
— *tridentata* 283
Arum maculatum — rodu pămîntului 377
— *ternatum* 141
Arundo donax 58
Asarum europaeum — pochivnic 88, 116, 260
Asclepiadaceae 93, 119, 129, 230
Asclepias 119
— *cornuti* 120
Ascomycetes 343, 350
Asparagus officinalis — sparanghelul 216, 426
Aspergillus glaucus 351
Aspidium fortunei 280
Asplenium trichomanes 278
Aster 271, 423
— *tripolium* — steluța 287
Asterocalamites 256
***Asteroxylon* 229, 258**
Astragalus virgatus — unghia găii 245, 287, 325
Astrantia major 88, 391
Athyrium filix femina 279
***Atriplex hastata* 261**
— *patula* — loboda 260
Atropa 292
— *belladona* — mătrăguna 117, 195, 274
Avena 377
— *sativa* 73, 249, 381, 408
Azotobacter chroococcum 307

B

Bacteriophyta 342
Basidiomycetes 350
Bauhinia 240
Begonia 87, 155, 177
Begoniaceae 67
Behen vulgaris 383
Bellis 211
— *perennis* — bănuței 72, 260, 377
Benettitales 75, 99, 375
Berberidaceae 130
Berberis vulgaris — dracila 131, 142, 298, 408
Beta 87, 381
— *rubra* — sfecla roșie 197
— *saccharifera* — sfecla de zahăr 89, 197
— *vulgaris* — sfecla de nutreț 55, 185, 197, 246, 332
Betula — mesteacăn 85, 91, 101, 237, 383
— alba 86
Betulaceae 375
Bignonia 240
Bignoniaceae 57
Blasia 42
— *pussila* 163
Boehmeria nivea — ramie 93
Boletus edulis 35
Boraginaceae 80, 131, 381
Botrychium 229

Botridium granulatum 151
Brassica napus — napi 170, 266
— *oleracea* var. *capitata* — varza de iarnă 246, 271
— *oleracea* var. *gongylodes* — gulie 55, 323
— *rapa* — rapița 56
Bromeliaceae 58, 67, 167, 311
Bromus — obsigă 347
Bruckenthalia spiculifolia — coacăz 199
Bryonia dioica 142, 318
Bryophyllum verticillatum 325, 346
Bryophyta 41, 61, 162, 343
Bupleurum falcatum — urechea iepurelui 260
Butomaceae 381
Butomus umbellatus — roșățea 172, 383, 399
Buxbaumia 365
Buxus sempervirens 295

C

Cactaceae 48, 57, 118, 131, 247
Cactus
Calamophyton 256
Calamopitys 113
Calamus draco 247
Calicanthaceae 376
Calla palustris — coada zmeului 377
Calothrix confervicola 342
Caltha palustris — calcea calului 266, 376
— *laeta* 65
Calvatia gigantea 341
Camelia japonica, 290
Campanula — clopoței 75
— *rotundifolia* 389
Campanulaceae 122, 131, 230
Canna 273
— *indica* — belșiță 154, 376, 416
Cannabinaceae 119
Cannabis 119, 227, 376
— *sativa* — cînepa 93, 263, 339
Capparis 412
Capsella bursa pastoris — traista ciobanului 177, 205, 377
Capsicum — ardei 153
Cardamine pratensis — stupitul cucului 177
Carduus — spin 325
Carex — rogoz 52, 218, 423
Carlina — turtă 325
Carpinus — carpen 91, 95
— *betulus* 259, 383
Carya bucklegi 249, 284
Caryca papaya — arborele de pîine 120
Caryophyllaceae 73, 126, 131, 381
Cassia acutifolia 287, 292
Castalia — nufăr 93
Castanea — castanul domestic 247
Casuarina 404
Catalpa — vanilie sălbatică 129, 237, 433
Caulerpa 158
Cedrela sinensis 265
Cedrus libani 247
Celastrus orbiculata 259
Celtis — sîmbovină 85, 426
— *australis*, 428
Centaurea cyanus — albăstriță 408
Centaurium umbellatum 249
Centricae 152
Cephalotus follicularis 330, 334
Cerastium — struna cocoșului 126
Cerasus — cireș 27, 86, 199, 377
— *avium* 131, 133, 347
Ceratocephalus ortoceras 247
Ceratonia siliqua — roșcov 27, 430
Ceratophyllum — cosorul bălților 244
Cereus 297, 309, 319
— *nycticalus* — regina nopții 309
— *triangularis* 28
Ceropegia 118
Cesalpinaceae 273
Chamaerops humilis 252
Chara 18, 21, 27, 155
— *fragilis* 157
Cheiranthus cheiri — micșunea 77, 385
Chelidonium majus — rostopasca 119, 141, 401
Chenopodiaceae 48, 131
Chenopodium — spanac, 273
— *album* 87
Chlamydomonas 18, 33, 34, 151, 358
Chlorella 18, 156, 351

Chlorophyceae 343
Chlorophyta — alge verzi 34, 342, 351
Chlorophytum steinbergianum 287
Chorda filum, 150
Chrysanthemum vulgare — spilcuțe 211, 269
Chrysophyta 342
Cichorium intybus — cicoare 53, 122, 383
Cinchona — arbore de chinină 92, 93
Cinnamomum zeylanicum — arborele de camfor 93
Cirsium — pălămida 246, 325, 386
— *lanceolatum* 262
Cissus 297, 338
Citisus laburnum 26
Citrus aurantium — portocal 134, 266
limon — lămîi 134, 385
medica — chitra 134, 135
nobilis — mandarin 134
paradisii — grepfrut 134
Cladophora — lîna broaștei 18, 19, 35, 157, 358
Claviceps purpurea — cornul secării 35, 343
Clematis — curpen 85, 88, 221
Cleyera grandiflora 94
Closterium 18
Clostridium pasteurianum 307
Clusiaceae 134
Cochlearia armoracia — hrean 197, 321
Cocos — cocotier 56
— *nucifera* — nuca de cocos 416, 434
Coelogyne 323
— *cristata* 324
Coffea — cafea 421
Colchicum autumnale — brîndușa de toamnă 323, 397
Coleus 348
Colocynthis 376
Colutea arborescens — bășicoasa 262
Combretum 243
Compositae 19, 37, 48, 108, 131, 377
Coniferae 369
Coniferales 53, 67, 75, 99, 108, 136
Conium 88
Convallaria majalis — lăcrămioară 110, 126, 219
Convolvulaceae 122, 131, 230
Convolvulus arvensis — volbura, rochița rîndunicii 101, 261
— *persicus* 287
— *scamonea* 194
Copaifera 137
Corallina 27
Coralliorrhiza innata — buzișor 340
Corchorus capsularis 93
Cordyline 190
Cormophyta 36, 62, 104, 343
Cornaceae 131
Coronilla varia — coroniște 262, 377
Cornus 245, 377
— *mas* — corn 379
— *sanguinea* — sînger 199
Corydalis cava 246
— *intermedia* — brebenei 202
Corylus 271
— *avellana* — alun 245, 347, 390
Cotinus coggygria — scumpie 262
Crassula 126
Crassulaceae 57, 75, 131, 247, 381
Crataegus monogyna — păducel 316
Crocus 246
— *heuffelianus* — brîndușa de munte 305
— *moesiacus* — brîndușa galbenă 305
— *sativus* — șofran 323, 401
Cruciferae 73, 131, 177
Cryptostegia grandiflora 249
Cucubalus baccifer — gușa porumbelului 319
Cucumis sativus — castravete 142
Cucurbita pepo — dovleacul 19, 56, 73, 77, 87, 112, 241
Cucurbitaceae 53, 73, 111, 142, 230
Cupressaceae 172
Cupressus — chiparosul 172
Cuscuta europaea — torțelul, cuscuta 254, 317, 338
Cyanophyceae 19
Cyanophyta — alge albastre 34, 342
Cycadales 75, 136
Cycadeae 211, 245

Cycas circinalis 21
— *revoluta* 210, 368
Cydonia — gutui 92, 245, 347
Cymodocea aequorea 184
Cynanchum vincetoxicum 395
Cynara scolymus — anghinare 325
Cynodon dactylon — pir gros 381
Cyperaceae 27, 53, 269
Cyperus — rogoz 48
— *alternifolius* 51
Cystopteris bulbifera 347
Cystoseira 35, 155

D

Dactylis — golomăț 58
Dahlia variabilis — dalie, gherghina 54, 99, 303
Datura — ciumăfaie 415
— *stramonium* 249
Daucus carota ssp. *sativus* — morcov 19, 88, 175, 246
Delesseria 157
— *sanguinea* 158
Dentaria bulbifera — colțișor 55, 323, 346
Deutzia 273
Dialipetalae 405, 416
Dianthus — garoafa 221
— *carthusianorum* 287
— *plumarius* 26
Diatomeae 27, 152, 342
Dicentra spectabilis — cerceluș 153, 376
Dicotyledonatae 53, 71, 131, 174
Dictamnus albus — frăsinel 37, 134
Dictyota dichotoma 157
Didymium 156
Digitalis — degețel 292
Dionaea muscipula — capcana mușchilor 141, 329
Dioon edule 21, 369
Diospyros — abanos 237
Dipsacaceae 416
Dipsacus — varga ciobanului 223
Dipterocarpaceae 137
Dischidia rafflesiana 325
Draba verna — flămînzica 412
Dracaena 190
— *fruticosa* 196
— *marginata* 196
Drosera — roua cerului 80, 141, 329
— *rotundifolia* 81, 127, 144, 250, 333
Drosophyllum lusitanicum 329
Dryopteris 230, 279
Dryopteris filix mas — feriga 77, 352

E

Ecballium elaterium — plesnitoarea 423
Eccremocarpus scaber 144
Echeveria globosa 348
Ectocarpus globifer 150
Ectocarpus siliculosus 354
Eichornia crassipes 168, 266
Elaeagnus angustifolia — salcia mirositoare 77
Elaeis 56
Elodea canadensis — ciuma apelor 14, 20, 49, 244
Entada 243, 422
Enteromorpha 157, 158
Ephedra — cîrcel 48
— *campylopoda* 374
— *distachya* 281
Equisetaceae 27, 174
Equisetales 99, 279
Equisetum maximum 214
Epilobium — pufulița 418, 433
Eremurus 416
Ericaceae 416
Eriophorum — bumbăcărița 433
Eryngium — scaiul dracului 377, 433
Erythraea 195
Eucalyptus amygdalina 247
— *globulus* — eucalipt 27
Euccommia ulmoidea 120
Eugenia caryophyllata 134
Euglena 151
Euonymus 74, 245
— *europaeus* — salba moale 417
— *verrucosa* — lemn rîios 120, 197
Eupatorium cannabinum — cînepa codrului 187

Euphorbia — laptele cîinelui 53, 129, 297
— *ciparyssias* 383
Euphorbiaceae 48, 108, 240, 381
Euphrasia stricta — silur, dragostea fetei 340

F

Fagaceae 375
Fagopyrum — hrișca, 175, 268
Fagus — 27, 154
Fagus sylvatica — fagul 247, 260
Festuca 58, 246, 377
Ficaria verna — untișor, grîușor 55, 65, 269, 303
Ficus 245
— *bengalensis* 309
— *carica* — smochin 25, 423
— *elastica* 53, 67, 117, 137
Filicalis 210
Filicinae 279
Filipendula hexapetala 303
Filipendula ulmaria — creţușca 73
Fittonia verschaffeltii 147
Flagellatae 351
Forsythia 199
Fragaria vesca — fraga 126, 178, 346, 385
Fraxinus — frasin 91, 237, 376
— *excelsior* 238, 265
Fuchsia — fucsie 342
Fucus 35, 155
— *spiralis* 361
— *vesiculosus* 361
Fumaria 223
Fungi — ciuperci 161, 343

G

Galanthus nivalis — ghiocel 49, 246, 377
Galium 433
— *aparine* — lipicioasă 319
— *mollugo* — sînziene albe 250
— *rubiodes* 249
— *verum* — sînziene 269
Gamopetale 417
Gasteria 328
Gentiana 195, 305, 387
Gentianaceae 131, 195, 230, 250
Geraniaceae 131
Geranium — ciocul berzei 274, 428
Geum — cerenţel 274
Ginkgo biloba 211, 250
Gladiolus 288, 305, 381
Gladiolus imbricatus — gladiola 287, 305
Glaeocapsa 34, 156
Glechoma — silnic 260
— hirsuta 262
Gleditschia triacanthos — glădiță 172, 187, 316
Gleichenia 229
Gleicheniaceae 229
Globularia alypum 194
Gloeocapsa 342
Gnetales 103, 110, 136
Gossypium herbaceum — bumbac 24, 79, 204, 408
Gramineae 27, 53, 111, 255, 290, 377
Gymnospermae 27, 42, 134, 369

H

Hakea suaveolens 92
Halopteris filicina 41, 160
Hamamelis 93, 292, 388
Hedera 74
Hedera helix — iedera 88, 254, 275, 309, 381
Helianthus annuus — floarea-soarelui 25, 50, 56, 73, 175, 339
— *tuberosus* — topinambur 54, 323
Helictotrichum pubescens — ovăzcior 305
Heliotropium — vanilie de cîmp 381
Helleboroideae 422
Helleborus purpurascens — spînz 70, 88, 347
Helobiales 416
Hemerocallis — crin de toamnă 381
Hepatica nobilis 276
Hepaticae 61, 157
Heterosiphonales 152
Hewrnia 297

Hevea brasiliensis — arborele de cauciuc 119, 137
Hibiscus cannabinus 93
Hieracium pilosella 347
Hippocastanaceae 130
Hippuris vulgaris — coada calului 172
Holcus 177
Holosteum umbellatum — cuișorița 247
Hordeum bulbosum — orz 44
Hordeum vulgare — orz 169
Hornea 229
Horneophyton 256
Hosta albomarginata 413
Humulus lupulus — hamei 90, 123, 317
Huperzia selago — cornișor 202
Hura crepitans 433
Hyacinthus — zambila 21, 73, 126, 246, 348
Hydrocharis morsus ranae — iarba broaștei 50, 167, 264
Hydrocotyle 252
Hyoscyamus niger — măselarița 125, 292
Hypericaceae 134
Hypericum perforatum — sunătoarea, pojarnița 37, 134, 245
Hypochaeris 53

I

Ilex 275
Ilex aquifolium — laur 50
Impatiens noli tangere — slăbănog 65, 430
— *sultani* 127
Ipomoea 119
Iridaceae 59, 250, 321
Iris florentina — stînjenel 27
— *germanica* — stînjenel 20, 69, 73, 219, 260
— *pseudacorus* — stînjenel galben 382
Isoëtales 62
Isoëtes 227, 279
Isoëtes lacustris 183

J

Jasione montana 287
Jasminum — iasomie 126, 196
Juncaceae 381
Juncus bufonius 382
Juncus effusus — pipirig, rugină 48, 218, 315
Jungermaniales 162
Juglandaceae 375
Juglans regia — nuc 51, 75, 153, 247
Juniperus communis — ienupăr 238, 247, 260
— *sabina* — cetină de negi 134
Jussiaea repens 140, 314

K

Kleinia 26, 261
Klopstockia cerifera 26, 27
Kuhnia glutinosa 180

L

Labiatae 37, 60, 87, 125, 131, 376
Lactuca — lăptuci 119
Laburnum anagyroides — salcîm galben, 239, 265
Laminaria 35, 359
— *digitata* 157
— *hyperborea* 157
— *sacharina* 157
Lamium album — sugelul alb 154
— *amplexicaule* — sugel 247, 269
— *maculatum* — urzica moartă 384, 389
— *purpureum* — sugel puturos 65
Lappa major — brusture 422
Lappula — lipici 433
Larix 93, 204, 237
Larix decidua — larice, lariță 247, 281
Laserpitium latifolium — smeoaică 194
Lathraea squamaria — muma pădurii 325
Lathyrus 225
— *aphaca* — lintea pratului, lintea galbenă, 269, 325
— *maritimus* 287
— *sativus* 326

Lauraceae 60, 118
Laurus nobilis — dafin 13, 115, 276
Lavandula — levenţica 126
— *officinalis* 124
Leguminosae 73, 92, 131, 175, 376
Lemna — lintiţa 75, 167, 247
— *minor* 172
Lens culinaris — linte 184, 417
Leontopodium alpinum — albumiţa, floarea de colţ 75, 377
Lepidium perfoliatum 269, 275
Lepidodendron 113, 229
Leucojum vernum — ghiocelul bogat 50
Lichenes — licheni 343
Liliaceae 53, 57, 111, 321
Lilium — crin 21, 126, 347
— candidum 384, 396
— martagon 411
Linaceae 60
Linum 93
Linum usitatissimum — in 27, 56, 226
Liriodendron tulipifera 211, 283
Lithothamnion 27
Lodoicea sechellarum — palmier 417
Lonicera caprifolium — caprifoi 177, 267
— *xylosteum* — caprifoi 201
Loranthaceae 60, 402
Luffa — buretele vegetal 111
Lunaria rediviva — lopăţea 430
Lupinus 306
Lupinus albus — lupin 55
Lychnis 274
— *flos cuculi* — flocoşele, floarea cucului 388
— *viscaria* 126
Lycopersicum 153
Lycopersicum esculentum — roşii, tomate 204, 408
Lycopodiaceae 166, 230
Lycopodium 174
Lycoris 21
Lysimachia vulgaris — gălbăşoară 270
Lythraceae 131, 240

M

Macrocystis 110, 158
— *pyrifera* 155
Macrozamia 53
Magnolia — magnolie 88, 237, 386
Magnoliaceae 99, 103, 294
Majanthemum bifolium — lăcrămioară, lăcrămiţă 264
Malus — măr 85, 154
— *pumila* 384
Malva — nalba 87, 255, 387
— *silvestris* 396
Malvaceae 60, 108, 130
Mammilaria 137
Manihot 122
Marathia fraxinea 210
Marchantia polymorpha — muşchiul de fîntînă, fierea pămîntului 61, 162, 343, 345
Marsilea 279
Mastigobryum trilobatum 61
Matricaria chamomilla — muşeţel 377
Matthiola annua — micsandră 77
Medicago falcata — lucerna 167, 184, 225, 246, 307
— *sativa* 178
Megaloxylon 113
Melampyrum arvense — sor cu frate (condriu) 314, 340
— pratense 325
Melandrium album 383, 398
Melilotus — sulfina 185
Menispermum 243
Menyanthes trifoliata — trifoişte 172
Mentha 90
— *aquatica* 396
Mentha piperita — izma bună, 77, 124
Mesembryanthemum crystalinum 59, 65
Metzgeria furcata 41, 164
Mimosa pudica 138
Mirabilis jalapa 194, 223
Mnium 70, 110
Monochlamideae 405
Monocotyledonatae 71, 131, 175
Monophyllaea horsfieldi 252
Monstera — filodendron 77, 92, 140
— *deliciosa* 252, 266
Moraceae 27, 58
Morus — dud 184, 275
— *alba* 249, 283
— *nigra* 300
Mougeotia 18, 19
Mucor mucedo — mucegaiul alb 351

Mucoraceae — mucegaiuri 343
Mulgedium macrophyllum 264
Musa — bananier 21, 74, 273
— *sapientium* 252
Musaceae 122
Muscari — ciapa ciorii 386
Musci — mușchi, 35, 61, 162
Mycophyta 343, 362
Myoporaceae 134
Myosurus minimus 414
Myriophyllum — peniță apei 27, 244
— *verticillatum* 244
Myristica fragans — nucșoara 417
Myemecodia echinata 60, 304
Myrtaceae 134, 230
Myrtus — mirt 134

N

Najas — linariță 27
— *major* 413
Narcissus — narcisa, zarnacadea 73, 154, 322, 377
Nardus stricta — țăpoșica 307
Nemalion 361
Neottia nidus-avis — cuibușor 325, 340
Nepenthes 128, 252
— *destillatoria* 331
— *rajah* 331
— *villosa* 331
Nerium oleander — leandru 67, 73, 270
Nicotiana 88, 231
Nicotiana tabacum — tutun 76, 106, 261, 339
Nigella — negrușca 397
— *damascena* 110, 185
Nostoc 342
Nuphar — nufăr 60, 94, 285
Nymphaea alba — nufăr alb 60
— *marliacii* 94
Nymphaeaceae 73, 177

O

Oedogonium 150
Olea europaea — măslin 125, 275, 429
Onagraceae 230
Oncidium 311, 312
Onobrychis 67, 254
Onobrychis viciifolia — sparceta 13, 116
Ophioglossum 184
Opuntia cilindrica — limba soacrei 283
— *vulgaris* 145
Orchidaceae 57, 63, 129, 254, 311
Orchis — poroinic 303
— *maculata* 395
— *purpurea* 398
Ornithogallum — lușca 52, 246
— *caudatum* 288
— *umbellatum* 385
Ornithopus sativus 430
Orobanche 254, 314
— *minor* 339
— *ramosa* — verigel, lupoaie 339
— *speciosa* 339
Oryza — orez 22, 377
— *sativa*, 182, 264, 408
Osmunda 279
— *regalis* 229
Oxalis acetosella — măcrișul iepurelui 262, 320
— *bupleurifolia* 325

P

Padus racemosa — mălin 377
Paeonia — bujor 92, 347
Paeoniaceae 422
Palaquium gutta (=Dichopsis gutta) 120
Palmae 58, 111, 245
Pandanaceae 185
Pandanus 309, 434
Papaver 377
Papaver somniferum — mac 56, 120
Papaveraceae 73, 108, 130
Papilionaceae 273
Paris quadrifolia — dalac 320
Parnasia palustris 264
Parotia persica 95
Partehenocissus quinquefolia — vița de Canada 203, 318
— *tricuspidatus* — vița de Canada 318
Passiflora gracilis 142
Passifloraceae 142
Pastinaca sativa — păstîrnac 74, 90, 197
Paullinia 243

Pediastrum 36
Pedicularis verticilata — vîrtejul pămîntului 340
Pelargonium — mușcata 75, 126, 178
— *spinosum* 325
— *zonale* 124, 249
Penicillium glaucum — mucegaiul verde 343, 350
Pennatae 357
Peperomia crassifolia 328, 348
— *trichocarpa* 58
Perenosporaceae 343
Peridineae 343
Periploca graeca 53, 241
Persica vulgaris — piersic 131
Petasites officinalis — captalan 381
— *niveus* 89
Petroselinum — pătrunjel 88, 197
Petunia — petunie 339
Phaecophyceae 41
Phaeophyta 342, 351
Phalaenopsis schilleriana 309
Phaseolus 92
— *coccineus* — fasole 317
— *multiflorus* 126, 252
— *vulgaris* 22, 57, 147, 252
Philadelphus — iasomie 273
Philodendron 136, 309
Phlaenopsis 184
Phlox — brumărele 347
Phoenix 251, 421
— *canariensis* 140
— *dactylifera* — curmal 25, 55
Phormium tenax — in de Noua Zeelandă 93, 290
Phragmites communis — stuf 27, 247, 347
Phycomycetes 343, 351, 362
Phyllanthus 258, 316
Phyllitis 279
Phyllitis scolependrium — năvalnic, limba cerului 254
Phyllophorales 257
Physalis alkekengi — păpălăul de pădure 387
Physosiphon landsbergii 58
Picea — molid 67, 153, 239
— *abies* 172, 247
— *excelsa* 281
Pilostyles (=Apodanthes) 339
Pimpinella calycina 300
Pinaceae 172
Pinguicula vulgaris — foaie grasă 128, 329
Pinus 51, 53, 67, 98, 136, 250, 370
— *cembroides* var. *edulis* — zîmbru 167
— *sibirica* 247
— *silvestris* — pin 51, 172, 254, 307
Piper nigrum — piper 421
Piperaceae 57, 67, 118
Pirolaceae 307
Pistacia 287
Pisum sativum — mazăre 21, 92, 166, 172, 224, 306, 384
Plantaginaceae 60
Plantago 88, 250, 377
— *lanceolata* — pătlagina îngustă 412
— *major* — pătlagina mare, limba oii 205
— *media* 266
Platanus — platan 85, 199
Platycerium 325
— *grande* 325
— *wilinki* 327
Plumbaginaceae 27
Poa 246
— *bulbosa* — firicea 323
— *trifolii* 307
— *trivialis* 268
Podostemonaceae 313
Polygonaceae 125, 131, 269
Polygonatum 185, 246, 386
— *multiflorum* — pecetea lui Solomon 1, 320
— *verticillatum* 270
Polygonum orientale 403
— *viviparum* — iarba șopîrlelor 323
Polypodium vulgare — fereguța 110, 230, 365
Polyrrhiza 313
Polysiphonia 362
Polystichum filix mas 272, 278
Polytrichum commune — mușchi de pămînt 109, 277, 364
Pomoideae 92, 387, 417
Populus — plop 27, 95, 126, 154, 237

— *gracilis* 238
— *nigra* — plop negru 260, 272
— — var. *italica* — plopul italian 342
— *tremula* — plop tremurător 259
Portulaca grandiflora — iarbă grasă 144, 177
Potamogeton 27, 243
Potamogeton natans — broscariţa 75
Potentilla — scrîntitoare, sclipeţi 255
Primula 77, 126, 273, 377, 387
— *obconica* — ciuboţica cucului 399
— *officinalis* 124, 410
Primulaceae 387
Princeps 185
Protococcales 34
Protococcus — verzeala zidurilor 152
Protolepidodendron 256
Protophyta 36
Prunoideae 92, 400
Prunus 27, 74, 88, 129, 231, 377
— *avium* — cireş 259, 273, 385
— *domestica* — prun 27, 273, 347
— *laurocerasus* — laurocireş 49, 290
— *padus* 262
— *persica* — piersic 273
— *spinosa* — porumbar 201, 299
Psaliota campestris — ciuperca de bălegar (şampinion) 363
Pseudosporonchus 256
Pseudotzuga taxifolia 211
Psilophytales 99
Psilophyton 257
Psilotum triquetrum 210, 212, 227
Pteridium 230
Pteridium aquilinum 98, 250
Pteridophyta — ferigi 42, 97, 164, 250
Pteridospermae 258
Pteridospermales 368
Pteropsida 230, 273, 279
Puccinia graminis — rugina grîului, 350
Pulsatilla montana 255
Pyracantha coccinea (=Crataegus pyracantha) 316
Pyrus 84, 92, 154, 237, 377
— *communis* — păr 26
— *sativa (=P. communis)* 92, 259, 385

Q

Quercus 27, 85, 237

R

Rafflesia arnoldii 338
Rafflesiaceae 338, 402
Ranales 99
Ranunculaceae 19, 37, 130
Ranunculoideae 422
Ranunculus 129, 153
— *acer* — piciorul cocoşului, floare broştească 130, 153, 376, 384
— *aquatilis* — piciorul cocoşului de apă 260, 275, 328
— *auricomus* 275
— *sardous* 387
Raphanus raphanistrum — ridiche sălbatică 430
— *sativus* — ridiche de grădină 56, 193, 260
Reseda 175
Reseda arabica — rezedă 65
Rhamnaceae 117
Rhamnus frangula — cruşin 199
Rheum raponticum — revent 305
Rhinanthus — clocotiş 338
Rhizobium 306
— *leguminosarum* — bacteria leguminoaselor 306
— *meliloti* 307
— *phaseoli* 307
— *trifolii* 307
Rhizoclonium 18
Rhizophora conjugata 94
Rhizophora mangle 94, 312
Rhododendron — smirdar 427
— *ponticum* 284
Rhodophyta — alge roşii 158, 342
Rhus typhina — oţetar 137
Rhynia 110, 165, 229, 256
Rhyniales 166
Ribes — coacăz 347
— *grossularia* — agriş 422
Ricinus communis — ricin 56, 175, 252
Robinia 199
Robinia pseudacacia — salcîm 45, 103, 317, 377
Roripa austriaca — gălbenea 177

Rosa — trandafir, măceș 20, 80, 126, 177, 245
— *canina* — măceș 266, 385
Rosaceae 53, 131, 397
Rosoideae 422
Rubiaceae 60, 73, 88, 269
Rubus 80, 245
— *fruticosus* 347
— *idaeus* — zmeură 319, 347
Rumex — ștevie 101, 273, 386
— *acetosella* — măcriș mărunt 260
— *patientia* 272
Ruscus aculeatus — ghimpe pădureț 218, 315
Ruta graveolens — virnanț 134
Rutaceae 134

S

Saccharomyces cerevisiae — drojdia de bere 343
Saccharum officinarum 66
Sagittaria sagittifolia — săgeata apei 254, 260
Salicaceae 131
Salicornia herbacea — brîncă 57
Salix — salcie 27, 95, 178, 231, 376
— *alba* 260
Salsola ruthenica — ciurlan 59, 420, 433
Salvia 87
— *officinalis* — jale de grădină 51
— *splendens* 409
Salviniaceae 166
Salvinia natans — peștișoară 298, 325
Sambucus 231
— *ebulus* — boz 339, 381
— *nigra* — soc 88
Sansevieria 250, 288
Santalaceae 402
Sapindaceae 142
Saponaria 381
Saponaria officinalis — săpunariță, 75, 305
Saprolegniaceae 343
Sarcanthus rostratus 311, 312
Sarracenia 330
Sasa palmata 186
Saxifraga cuneifolia 261
Saxifragaceae 27, 72
Scabiosa — sipica 377
Schizandra 182, 424
Schizophyta 342
Schizomycetes 19
Scilla 386
Scilla bifolia — vioreaua 50, 246
Scirpus 269
Scirpus lacustris — pipirig 315
Scitamineae 58
Scapolina atropoides 21
Scrophulariaceae 125, 131, 154
Scrophularia nodosa — buberic 249
Secale cereale — secara 172, 246
Sedum 153
— *acre* — iarbă de șoaldină 260, 384
— *palustris* 395
— *sexangulare* 153
Selaginella 210
— *grandis* 210
— *helvetica* 202, 366
— *selaginoides* 227
— *walluchii* 210
Selaginellaceae 230
Selaginellales 62
Sempervivum 246
Senecio — cruciulița, spălăcioasă 297
Sequoia gigantea — arborele mamut 247
— *sempervirens* 43, 211
Sicyos angulatus 142
Sigillaria 229, 256,
Silene conica 126
— *maritima* 287
— *nutans* — gușa porumbelului 126, 381
— *vulgaris* 387
Simarubaceae 136
Sinapis — mușlar, rapița 129, 166, 171
Siphonales 158
— *aspera* 325
Smilax medica 182, 269
Sobralia macrantha 64
Soja hispida — soia 56
Solanaceae 87, 111, 131
Solanum 153
— *dulcamara* — lăsnișor 317, 319
— *tuberosum* — cartof 22, 56, 84, 323

Solidago 196
Sonchus oleraceus — susai 261
Sonneratia 314
Sorbus aucuparia — scoruș de munte 377
— *torminalis* — scoruș 262
Spermatohyta 101, 174, 208, 341
Sphacelaria 151, 343
Sphacelariaceae 151
Sphagnum — mușchiul de turbă 62, 164, 212, 277
— *balticum* 62
— *nemoreum* 277
Spiraea 245
Spiraea vanhouttei — taula, tavalga, cununița 377
Spiraeoideae 422
Spirogyra — mătasea broaștei 18, 19, 35, 152, 159
Sporodinia 363
Stachys — jaleș 339
— *palustris* 270
Stanhopea 63
Stauropteris 256
Stellaria holostea — iarbă moale 388
— *media* — rocoină
Sterculia 45, 292
Sterculiaceae 136
Stigmatophyllum 243
Stipa — colilie 58, 433
— *capillata* 291
Stratiotes aloides — foarfeca bălții 172, 347
Strychnos 243
Sualda 261
Sympetalae 405
Symphytum officinale — tătăneasa 269, 382
Syringa — liliac 126, 154, 231
— *vulgaris* 202, 259
Swietenia — acaju 239

T

Taeniophyllum zolingeri 182, 313
Tagetes — vîzdoage 134
Taraxacum officinale — păpădia 50, 177 197, 260
Taxaceae 136
Taxodium distichum — chiparosul 314
Taxus baccata — tisa 247, 281
Tecoma radicans — trîmbițar 240, 309, 311
Thalictrum flavum — rutișor galben 141
Thallophyta 36, 156
Thea sinensis — ceai 115, 290
Theobroma cacao — arborele de cacao, 56
Thesium — măciulie 314, 338
Thlaspi perfoliatum — punguliță 269
Thuja occidentalis — tuia, arborele vieții 172, 254
— *orientalis* 172
Thymelaea 286
Thymus — cimbrișor 69, 88, 339
Tilia — tei 93, 131, 231
— *americana* 300
— *cordata* — tei păduret 260
— *tomentosa* — tei alb 88, 129, 381
Tiliaceae 60, 117, 130
Tmesipteris 229
Tococa longifolia 326
Toffala 286
Tradescantia — telegraf 14, 21, 73
— *albiflora* 249
Tragopogon — barba caprei 119
Trapa natans — cornaci 53, 167, 266
Trichomanes alatum 227
Trifolium 246
Trifolium pratense — trifoi roșu 284, 321, 379
Triglochin palustre 399
Triticum 153, 377
— *aestivum* — grîu 172, 218, 408
— *vulgare* 22, 57
Trochodendron 93
Trollius europaeus — bulbuci 376, 388
Tropaeolum 126, 177, 223
Tropaeolum majus — condurul doamnei 59, 71, 129, 260
Tsuga 237, 238
Tulipa 246, 377
Tulipa gesneriana — lalea 154, 321
Tussilago farfara — podbal 325
Typha — papura 377, 394, 434

U

Umbelliferae 37, 48, 87, 131, 377
Urtica — urzica vie 77, 386
— *dioica* 93, 125, 141
Urticaceae 27, 125
Utricularia vulgaris — otrățelul de baltă 252, 329, 336
Ulmus 237
— *foliacea* f. *suberosa* 85, 155 (=*U. campestris* f. *suberosa*) — ulm suberos indigen
— *laevis* (=*U. effusa*), 155
— *procera* var. *suberosa* 85
Ulothrix 18

V

Vaccinium — afin 245, 388
— *myrtillus* 389
Valeriana officinalis — odolean 262
Vallisneria spiralis — sîrmulița 409
Vanda 63, 311
Vanilla, 309
Vanilla planifolia 63
Vaucheria sessilis 354
Veratrum — stirigoaie 376
Verbascum phlomoides — luminița 262
phoeniceum — lumînărica 378
thapsiforme — lumînărică 77
Veronica beccabunga — șopîrlița 216
— *hederifolia* — doritoare 247
— *myrtifolia* 249
Viburnum lantana — dîrmoz 199, 262
— *rhitidophyllum* 199
— *rufidulum* 249
Vicia 131
— *dumetorum* — măzăriche 306
— *faba* — bob 175, 339
— *sepium* 129, 131, 262
Viola tricolor — trei frați pătați 77, 401
Viscaria vulgaris — lipicioasă 115
Viscum — vîsc 53, 254
— *album* 202, 261, 338
Vitaceae 131, 338
Vitis 129, 178, 377
— *vinifera* — vița de vie 27, 86. 130, 318, 381
— *vulpina* 68
Volvocales 34
Volvox 34, 36, 152
Vriesia splendens 63

W

Welstiella lanosa 342
Welwitschia 250
— *mirabilis* 248, 276
Wolffia 247

Y

Yucca 190, 325

X

Xanthium — holera 422, 434
Xanthoria parietina 157, 344

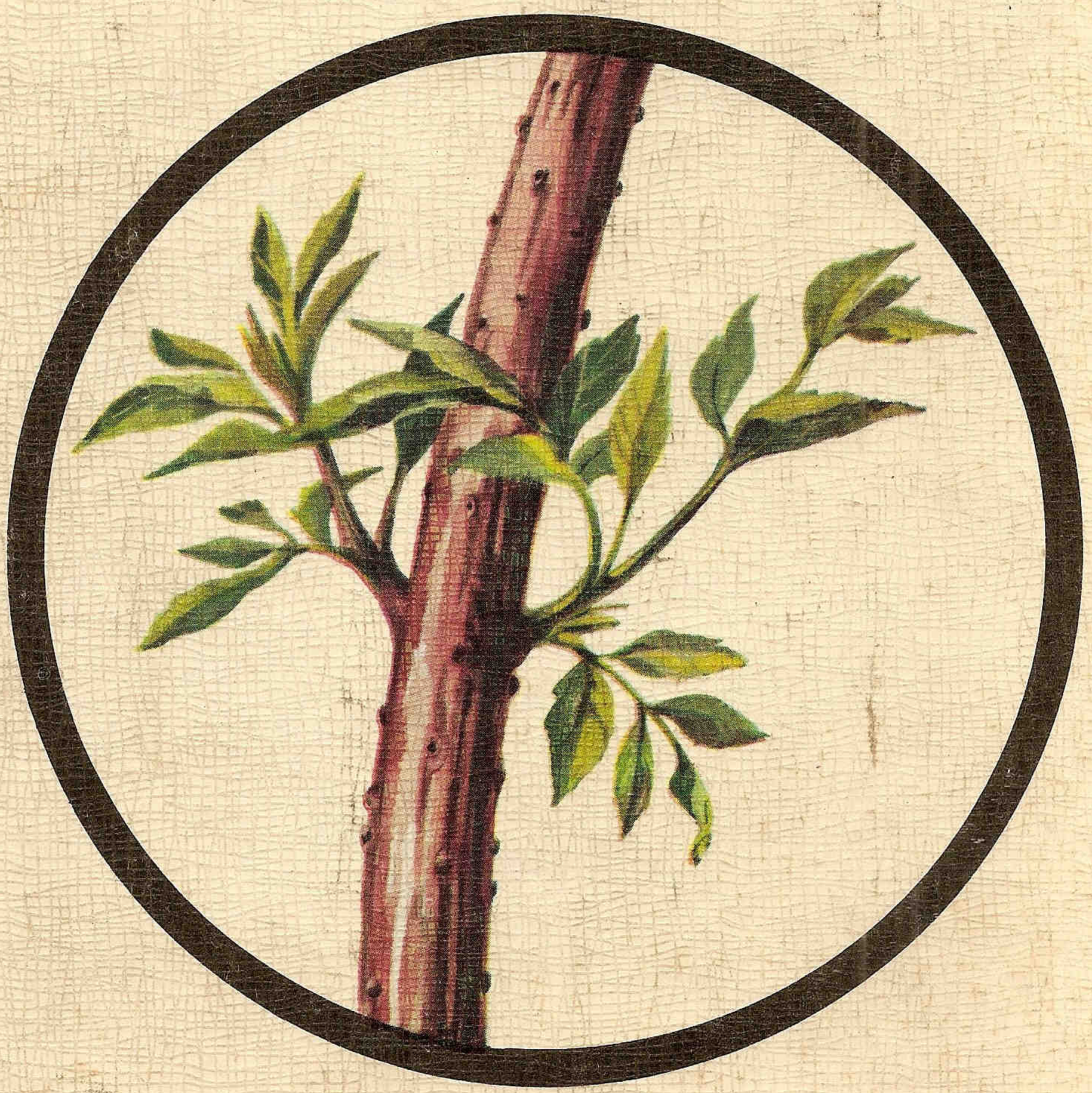
Z

Zamia 369
— skinneri 368
Zea mays — porumb 37, 68, 73, 112, 172, 291, 376
Zebrina pendula 20, 141
Zingiberaceae 189
Zygnema 18
Zygopteridales 256

Nr. plan : 5920. Coli de tipar : 29,25. Bun de tipar : 17.11.1980. Ediția 1980.

Întreprinderea Poligrafică „Banat“
Timișoara, Calea Aradului nr. 1.
Republica Socialistă România.

Comanda nr. 125.

Lei 23,50

EDITURA DIDACTICĂ ȘI PEDAGOGICĂ
BUCUREȘTI, 1980